

Turbit et turbine

Les roues hydrauliques horizontales du Valais

Paul-Louis PELET

Menée en Valais à partir de 1982 avec l'appui du Fonds national suisse de la recherche scientifique¹, l'enquête historique et ethnologique «de la dernière chance» sur les usines hydrauliques traditionnelles (moulins, scieries, etc.) a apporté bien plus qu'un inventaire local d'entreprises en voie de disparition. Elle débouche sur des problèmes qui dépassent le cadre valaisan, en particulier ceux de l'emploi, de la répartition et de la typologie des roues horizontales.

Une persistance technique

Après les expériences de John Smeaton (1752), de Jean-Charles de Borda (1767)² et de leurs émules, les mécaniciens et les ingénieurs de la première moitié du XIX^e siècle recommandent les roues verticales, plus efficaces. Ils déconseillent les modèles horizontaux, auxquels ils reprochent leur fragilité, leur trop grande rapidité, leur puissance limitée³.

Dès 1830, les turbines de Burdin (1820-1824) et surtout de Fourneyron (1826), surpassent la roue verticale. Ce sont en fait des roues horizontales métalliques scientifiquement calculées et d'une exécution très soignée. Les anciens modèles horizontaux en bois, sans disparaître, tombent dans l'oubli. Ils

¹ Fabienne Joye, Chantal Kuonen, ethnologues, Olivier Conne, médiéviste, ont participé à cette enquête et à la récolte des matériaux utilisés dans cette étude. Claude-Olivier Pelet, ingénieur mécanicien, a contrôlé les données techniques; M^{me} Jeanne Pelet a dessiné les roues valaisannes.

² *Histoire générale des techniques*, vol. 3, p. 11-30.

³ C'est ce que le baron Charles DUPIN enseigne dans sa *Géométrie et Mécanique des Arts et Métiers*, Paris, 1826, vol. 3, p. 265.

se perpétuent pourtant jusque dans la seconde moitié du XX^e siècle, même dans les pays les plus industrialisés. Une roue de type A1, le plus archaïque (voir p. 134 et pl. III) est encore construite à Taesch près de Zermatt (alt. 1440 m) en 1956, avec l'appui financier de l'Administration fédérale des blés : solution la moins coûteuse pour la mouture des 4 à 5 tonnes de céréales encore récoltées dans la commune⁴.

De Madère au Japon

Connues dès l'Antiquité, ces roues horizontales se sont répandues d'un bout à l'autre de l'Ancien Monde. En 1944, E. Cecil CURWEN⁵ esquisse une carte de leur distribution (voir figure 1). Depuis lors, aucune étude d'ensemble n'a repris ce thème. Mais les ethnologues, les géographes, les historiens des techniques en ont relevé de plus nombreux exemples dans de plus vastes régions, de Madère et des collines de l'Algarve jusqu'au Japon⁶. La roue horizontale s'est implantée :

- au Maroc et en Algérie (province de Constantine),
- du Portugal aux Dardanelles dans l'Europe méditerranéenne et alpine,
- en France (dominante dans le sud, rare dans le nord),
- dans les Carpates roumaines,
- en Asie Mineure, aussi bien sur la côte ouest que dans la province de Trébizonde,
- au Liban,
- dans le Caucase,
- au nord de l'Elbourz, dans le Mazanderan,
- en Afghanistan,
- au Pakistan dans la province de Peshawar,
- sur le flanc méridional de l'Himalaya jusqu'au Bhoutan,
- au Tibet,
- au Sin-kiang,
- en Chine (provinces méridionales, bassins du Houang-ho et du Yang-tsé-kiang),
- au Japon dans l'île de Hondo.

L'Irlande, l'Ecosse, la Scandinavie, l'Oural (chez les Bachkirs) marquent les points extrêmes de sa pénétration vers le nord. Tant que de nouvelles découvertes n'en signalent pas au Siam, au Vietnam, en Malaisie ou en Indonésie, le tropique du Cancer est sa limite méridionale (figure 1).

A première vue, la roue horizontale s'est répandue et maintenue dans les pays montagneux, où l'eau des torrents assure une vive impulsion à ses pales. Elle est pratiquement ignorée des pays de plaine de l'Europe du Nord et de l'Est.

⁴ Berne, Administration fédérale des blés, — Moulins subventionnés, I/N, 1955-56.

⁵ *Antiquity*, vol. 18, p. 145.

⁶ La bibliographie donnée en appendice, sans être exhaustive, permet de retrouver nos sources.

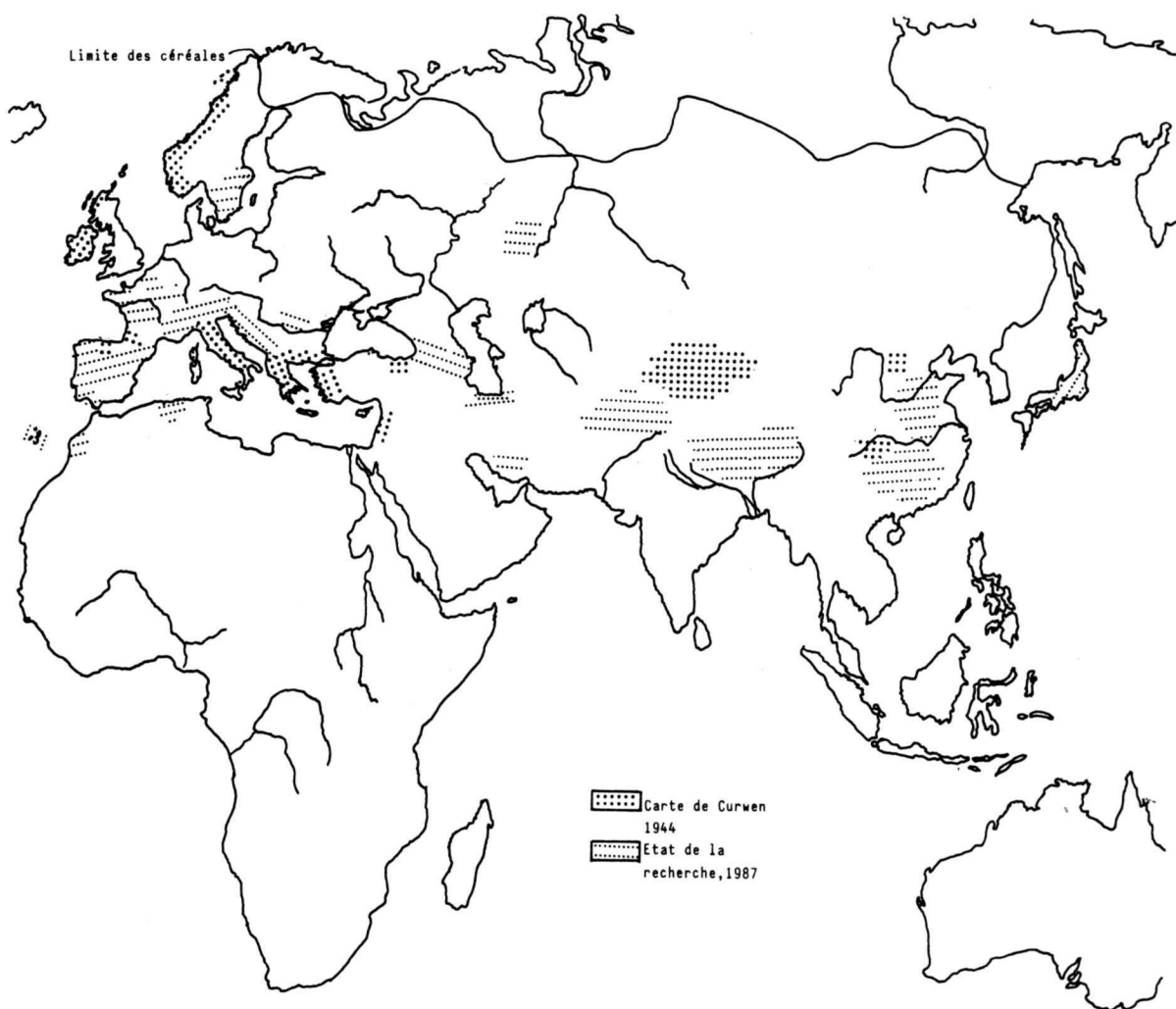


Fig. 1. — Distribution de la roue horizontale.

Le laboratoire valaisan

L'enquête du Fonds national dans les 164 communes qui, des sources du Rhône à son embouchure dans le Léman, forment le canton du Valais a mis en évidence la richesse et la diversité d'un réseau hydraulique antérieur à la Révolution industrielle⁷. Liant l'enquête sur le terrain aux recherches d'archives, elle a relevé dès 1280 dans les comptes de la châtellenie d'Entremont la réparation de roues hydrauliques verticales actionnant les moulins du comte de Savoie⁸.

La première preuve d'une roue horizontale : la mention de son axe vertical, « arborem vocatam turbit », remonte à 1457 (moulin du Borgeal, Orsières)⁹. Voici quarante ans, Emil Stäheli relevait dans sa *Terminologie der Bauernmühlen im Wallis und Savoyen*¹⁰, « troubi » pour cette pièce à Conthey (p. 111). En 1983, « tourbet » désigne encore à Som-La-Proz (c. Orsières) le tambour dans lequel sont encastrées les pales de la roue horizontale (type A.2, voir p. 137)¹¹.

Au gré des villages et des interlocuteurs, la partie désigne parfois le tout et la roue est appelée :

- tourbe(t) (Collonges, Vollèges, Verbier, Chandolin, Beuson, Le Châble, Lourtier, Chamoson, Isérables),
- turbe(t) (Liddes),
- törbi (Ladray/Arêches dans le Beaufortin),
- trebi (Faverge, Haute-Savoie, 1738)¹²,
- triblé (Megève, Haute-Savoie),
- tribe(t) (Saint-Gervais, Haute-Savoie),
- turbiet (Les Haudères) (voir n. 10),
- turbillet, tourbillet (Evolène)¹³.

Le Glossaire des patois (voir n. 13) avait recensé vers 1910 (fiche inédite) :

- torbéna (Savièse).

Stäheli retrouve de son côté :

- tourbina (Réchy, Nendaz en Valais, Arbine en Tarentaise),
- tourbinne (Sion),
- turbinna (Granier en Tarentaise) (voir n. 10).

⁷ PELET, Paul-Louis, « Pissevache et Pisse-moulins, Recherche sur les usines hydrauliques traditionnelles du Valais », *Le Monde alpin et rhodanien*, 1985 / 4, p. 67-81.

⁸ Les comptes de châtellenie ont été dépouillés par M. Olivier Conne aux archives de Turin. — Archivio statale (As To), Inv. 69, fol. 69, Mazzo 1, 1^{er} rouleau, parch. 9, 1280-81.

⁹ As To, *Ibidem*, Mazzo 15, 4^e rouleau, 1457-58; Mazzo 16, 4^e rouleau, 1463-64, « loz turbit ».

¹⁰ St. Gallen, Fehr'sche Buchhandlung, 1951, 136 p. E. STÄHELI utilise une notation phonétique dont il ne divulgue pas la clé... Nos transcriptions sont simplifiées et francisées.

¹¹ Enquête sur le terrain. — Les termes techniques patois encore couramment employés en 1950 tombent dans l'oubli.

¹² ABRY, DEVOS, RAULIN, 1979, p. 268.

¹³ Fiche aimablement communiquée par la Direction du Glossaire des patois de la Suisse romande, à Neuchâtel.

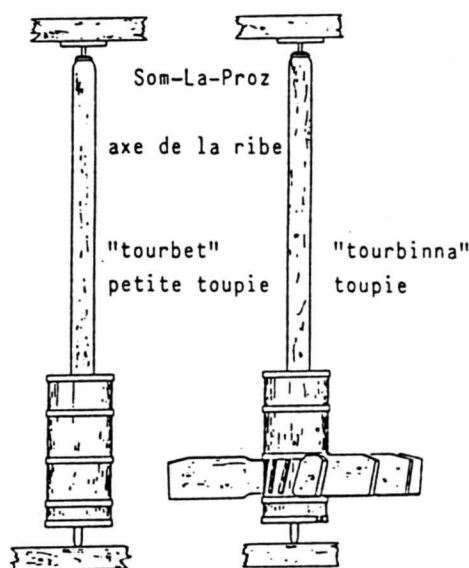


Fig. 2. — Turbine et toupie.

Toutes ces formes dérivent directement ou indirectement du latin *turbo* ou *turben* (nom. pl. *turbines* ou *turbina*, les toupies). En effet, les pales encastrées sur l'axe pivotent comme une toupie géante. Une fois les pales enlevées, l'axe renflé apparaît lui-même comme une petite toupie (*turb-* + diminutif *-ittu*, voir figure 2)¹⁴.

Les formes patoises sans diminutif, disséminées dans l'arc alpin de Sierre à Grenoble, ont suggéré à Claude Burdin la dénomination de sa première « turbine »¹⁵.

Inadéquates pour les pilons à draps, les scies ou les martinets, ces roues horizontales actionnent uniquement des moulins et des ribes tronconiques (qu'on appelle : rebattes, battoirs, battieux, mounets ou foulons en Suisse romande)¹⁶.

¹⁴ De la Provence aux Pyrénées, la roue horizontale est dite *rodet* «rota- ittu» ou *rouet*. Dans la terminologie médiévale valaisanne, *ruetus* désigne l'engrenage qui accompagne la roue verticale : *rota* ou *magna rota*. Par exemple «... in uno rueto et paignonibus de novo factis...», As To, Inv. 69, fol. 121, Mazzo 1, 4^e rouleau, parch. 12, 1301-1302.

¹⁵ E. EUDE reconnaissait déjà en 1902 (p. 11) que la turbine moderne descend directement de la roue horizontale primitive.

¹⁶ Cependant H. JÜTTEMANN, 1984, p. 34, signale en Suède des scies mues par une roue horizontale et Klaus GREWE, 1986, présente un foret (manuscrit de 1420), monté directement sur une roue horizontale. De tels exemples sont inconnus en Valais. — Pour l'emploi du terme *ribe*, voir PELET, Paul-Louis, 1985, p. 78-81.

Données de base

Les recherches d'archives et l'enquête sur le terrain ont recensé 956 roues de ribes et de moulins. Chiffre minimum, inférieur à la réalité : les documents fiscaux n'enregistrent pas les installations d'usage strictement familial. Beaucoup ont disparu sans laisser de souvenir ou de trace. De plus, les actes notariés ou les enquêtes officielles ne précisent que rarement le nombre des roues et leur type, que nous connaissons dans 561 cas (58 %) ; 240 roues sont verticales (43 %), 321 (57 %) horizontales (figure 3, voir planche I).

Distribution spatiale

Les roues verticales dominant :

- dans les districts les plus anciennement industrialisés, Monthey (59 %), Saint-Maurice (84 %), Martigny (73 %),
- sur les versants arides des Alpes bernoises, dans la partie nord des districts de Conthey (82 %), Sierre (82 %), Rarogne-Ouest (71 %), Brigue (57 %) et à Rarogne-Est (84 %).

Les roues horizontales l'emportent :

- dans les grandes vallées latérales au sud du Rhône, districts d'Entremont (75 %), Conthey-Sud (87 %), Hérens (75 %), Sierre-Sud (91 %), Viège (67 %), Brigue-Sud (65 %),
- dans la vallée de Conches (59 %).

Le district de Loèche est très partagé (53 % de roues horizontales) ; les données de celui de Sion (76 %) sont insuffisantes¹⁷ (voir figure 4).

Critères techniques, économiques et socioculturels

Les travaux d'Henri Poupée et de Claude Rivals (voir Bibliogr.) ont mis en évidence, dans la France méridionale, une étroite liaison entre la langue d'oc et la préférence massive accordée à la roue horizontale. Le choix d'une technique ne dépend pas du parler populaire ; cette surprenante corrélation masque d'autres préoccupations communes au Midi, et, bien au-delà des frontières françaises, aux populations ibériques et alpines.

En Valais, à la séparation rive droite et rive gauche du Rhône, s'ajoute une certaine corrélation entre la dispersion de l'habitat et la domination des roues horizontales ($r = -0,74$ entre la densité de la population des districts en 1880 et la proportion des roues horizontales). Mais d'autres facteurs, économiques ou culturels, entrent en ligne de compte.

¹⁷ Le cas du district de Sion est faussé par le grand nombre de roues de type inconnu. Un seul village, Arbaz, fait pencher la balance.

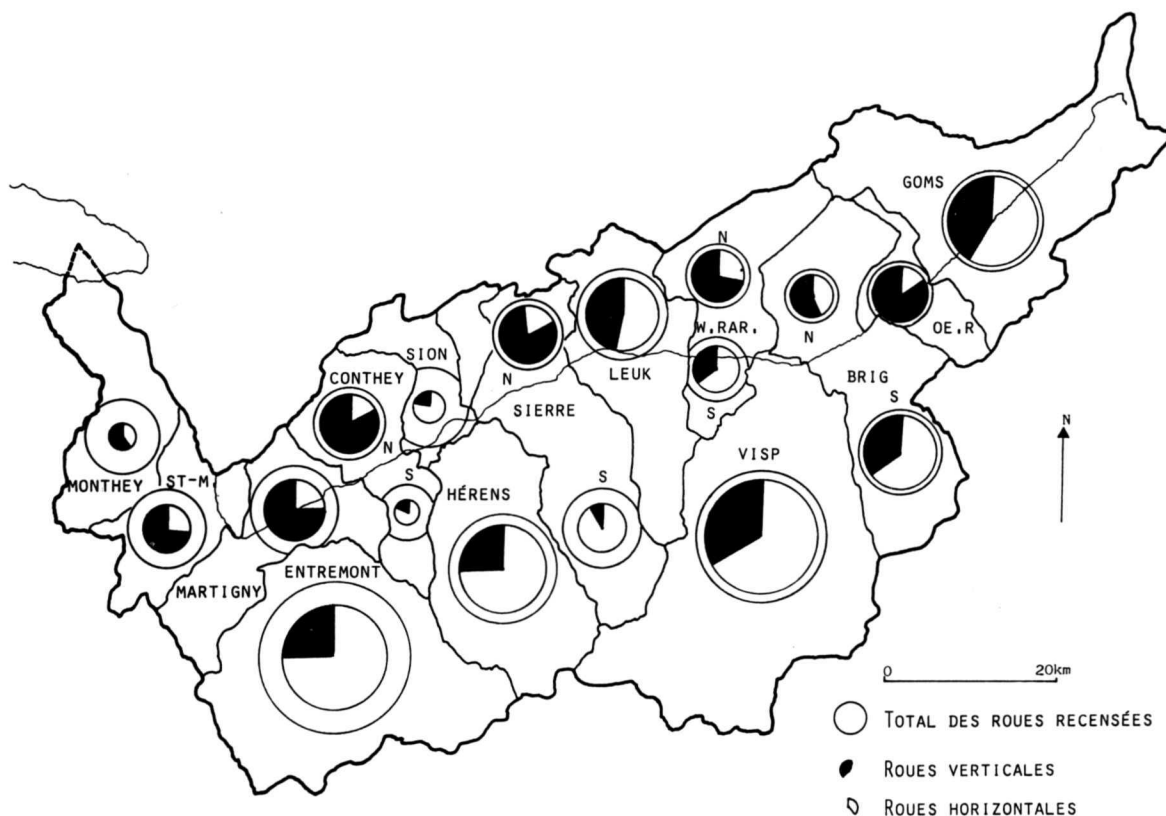


Fig. 4. — Répartition des roues des moulins et des ribes.

Les meuniers choisissent aussi leur modèle en fonction :

- du débit et de la chute disponibles,
- du coût de l'installation,
- de la demande de la clientèle.

Dans le dernier tiers du XIX^e siècle, le double moulin Stoffel, à Gamsen (Brigue) est actionné par une roue verticale. Mais la commune de Visperterminen détourne une partie de l'eau de la Gamsa dans le lac de Gebidum (bassin de la Viège). Dès lors, un débit parfois trop faible rend la marche de l'usine incertaine. Pour compenser cette insuffisance, le meunier remplace vers 1920 la roue verticale par deux horizontales de type A.2 (voir ci-dessous). En cas de faible débit, la roue horizontale fournit déjà une puissance utile alors que la verticale doit encore surmonter ses forces d'inertie. En effet, la suppression des engrenages et le remplacement des deux paliers de l'arbre par un seul pivot diminuent considérablement les frottements¹⁸.

¹⁸ A. Taffé estime en 1835 dans son *Application des principes de mécanique...*, p. 202-203, que pour une puissance de 0,8 HP (0,59 kW), les « résistances nuisibles » absorbent 6,25 % de l'énergie des roues horizontales, contre 10 à 15 % dans les moulins à roues verticales et engrenages. — A Gamsen, une turbine remplace en 1930 les deux roues A.2.

Quand les affaires marchent, les usiniers augmentent le nombre des rouages ou passent à une grande roue verticale accompagnée d'un couple d'engrenages, installation plus puissante, mais plus chère, et délicate. Si leur clientèle diminue, ils reviennent à la roue horizontale, pour abaisser le coût des réparations¹⁹.

Un seul entretien fait ressortir le rôle que peut jouer le degré de compétence du constructeur. Après la Seconde Guerre mondiale, Nestor Donnet, meunier de Troistorrens, reconstruit la roue de sa ribe (battieu) aux pales insérées dans une jante²⁰. Médiocre charpentier, il renonce à façonner quatre quarts de cercle. Il se tire d'affaire en remplaçant la forme circulaire par un cadre quadrangulaire ; il y insère des palettes de dimensions variables pour obtenir un cercle parfait (voir figure 16 et pl. VIII A). Il crée ainsi un type inattendu, simplifié, mais tardif²¹. Cet exemple montre clairement que les modèles les plus frustes ne sont pas nécessairement les plus anciens. Les données chronologiques n'ont pas à intervenir dans l'établissement d'une typologie.

Dans ce conservatoire des anciens savoir-faire que fut le Valais, 28 modèles de roues horizontales se rattachent aux quatre familles qui se retrouvent en Savoie, au Piémont, au Tessin, dans les Grisons et jusqu'en Afghanistan ou en Chine. Les documents n'expliquent ni les innovations locales, ni les parentés à l'échelle de l'Ancien Monde. Elles surgissent au gré de la réflexion des constructeurs et se retrouvent à des milliers de kilomètres de distance. Un archaïque espionnage industriel semble moins probable que des redécouvertes suscitées par le même désir d'améliorer le rendement et soumises aux contraintes des mêmes matériaux.

¹⁹ PELET, Paul-Louis, « Raisons économiques et sociales des survivances contemporaines de techniques archaïques — L'exemple du Valais », à paraître.

²⁰ Type B.1 J.1.

²¹ Type B.1 J.3.

Typologie des roues horizontales

Principes de classification

Classer les roues comme le fait la Statistique des usines hydrauliques de la Suisse²² selon leur puissance, sépare des modèles identiques ou d'une même conception, installés sous des chutes de hauteur et de débit différents.

Leur fonctionnement : par la force d'un jet ou par l'immersion totale est un meilleur critère de classification. Dans le nord de l'Europe et en Orient les constructeurs préfèrent l'effet de choc et certains de leurs modèles préfigurent les turbines Girard et Pelton. Les types AB.2.1 et B/J.4 (voir ci-dessous) auxquels s'apparentent les turbines Girard ont un écoulement axial-tangential ; les autres modèles, un écoulement tangential.

Dans les pays méditerranéens, les usiniers cherchent à améliorer le rendement en dirigeant le flux à l'intérieur :

- d'un bassin circulaire (Jacques Besson, 1582) (voir figure 14),
- d'un tonneau (Portugal²³, Provence),
- d'un puits (Toulouse, moulins de Basacle),
- d'une cuve en entonnoir ou en poire (midi de la France) (voir figure 15).

En fait, l'enveloppe des rouages étrangle l'écoulement. Ces ancêtres des turbines immergées (Kaplan) n'ont qu'un faible rendement.

Bien qu'elles aient transmis leur nom aux machines de Burdin et de Fourneyron²⁴, les anciennes « turbines » de bois ne s'intègrent pas réellement dans la lignée des modèles actuels.

Elles ont leur propre logique. Leurs constructeurs, longtemps illettrés, ont conçu et construit des roues qui supportent les chocs et résistent à la force centrifuge. Ce sont des techniques d'assemblage qui ont préoccupé au premier chef les charpentiers et les mécaniciens. Appliquées à des matériaux semblables : bois, pierre, fer, ces logiques ne se confinent pas dans une aire géographique : de même, les modèles les plus divers se côtoient parfois dans un étroit espace. La typologie que la recherche en Valais a nécessitée peut s'étendre de Madère au Japon à l'ensemble des roues horizontales archaïques.

Élément fondamental, l'arbre vertical supporte des assemblages divers. Le plus simple encastre directement les pales dans l'épaisseur du tronc (type **A.1**, fig. 5) ou, si l'arbre est métallique, dans un tambour (type **A.2**, fig. 8). Il arrive que ces modèles soient renforcés en cours d'exploitation (types A.1.2-4, A.2.2-4) ou modernisés (type **A.3**).

Parfois un bras rectiligne (type **B.0**), une croix (type **B.1**), une double croix (type **B.2**), etc. (fig. 13), partent de l'arbre et soutiennent la jante (**J**) ou la couronne (**C**) où sont insérées les pales.

Quelques modèles, issus de **A**, reprennent à **B** la jante ou la couronne. Entre les ensembles **A** (assemblage simple), et **B** (assemblage composite), ils forment l'intersection **AB** (assemblage mixte).

²² Publiée par le Service fédéral des Eaux, Berne, 1928, 1 vol. in-folio, 428 p., 61 pl., 1 carte.

²³ DIAS, Jorge, 1964, p. 309.

²⁴ Voir note 14. — Voir aussi MEYSTRE, Noël, 1983, p. 10.1-10.22.

A. ASSEMBLAGE SIMPLE: arbre-pale

A. pales encastrées:A.1. dans l'arbre vertical monoxyle (toupie)

A.1. 1. libres = archétype de la roue horizontale (figure 5 et pl. III)

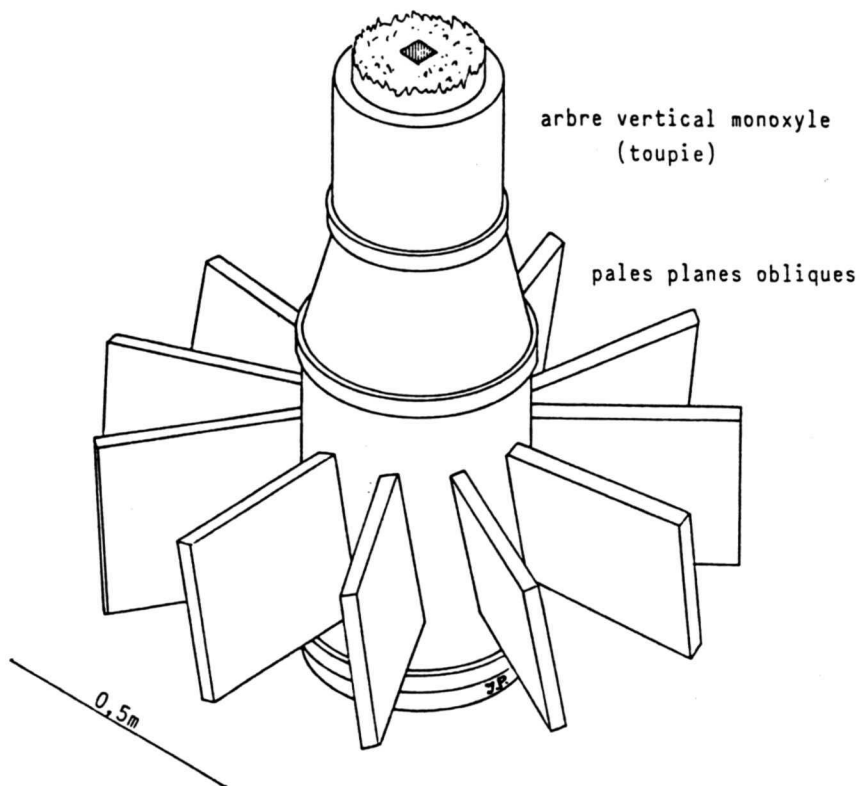


Fig. 5. — A.1.1. pales encastrées dans un arbre monoxyle.
Fieschertal / Zer Flie, moulin côté montagne.

- A.1. 2. ceinturées:
 A.1. 2. 1. par fil de fer
 A.1. 2. 2. par bande de fer
 A.1. 2. 3. par cercle de fer (figure 6)

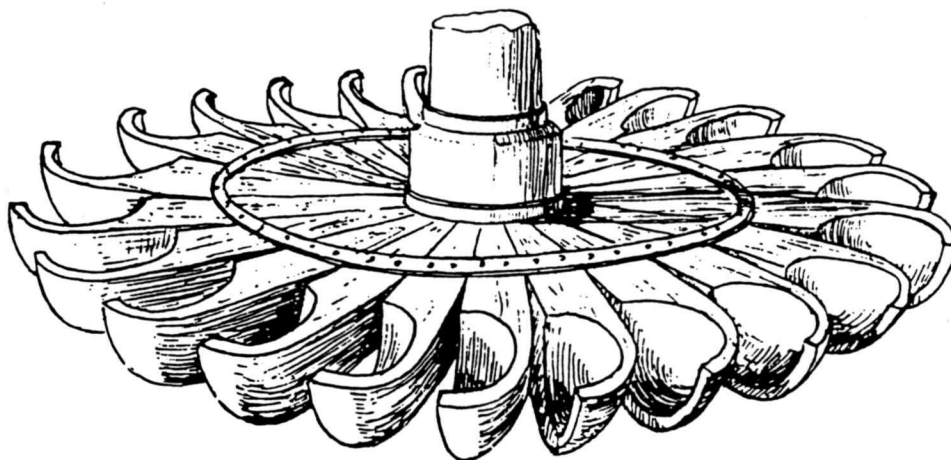


Fig. 6. — A.1.2.3. roue ceinturée par un cercle de fer.
 Ciamannace (Corse). Orsatelli, p. 43.

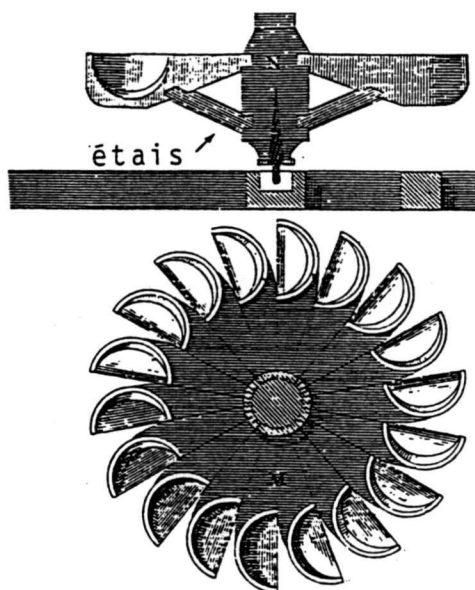


Fig. 7. — A.1.4. pales soutenues par des étais.
 Roue de Bélidor (vol. 2, pl. 22).

- A.1. 3. maintenues :
 - A.1. 3. 1. par un disque sur la toupie
 - A.1. 3. 2. par planchettes verticales entre les pales
 - A.1. 3. 3. par planchettes horizontales entre les pales
- A.1. 4. soutenues par des étais = roue de Bélidor (figure 7)
- A.2. pales encastrées dans un tambour renforçant l'arbre
- A.2. 1. libres (figure 8 et pl. IV, V)
- A.2. 2. ceinturées :
 - A.2. 2. 1. par fil de fer (figure 9)
 - A.2. 2. 2. par bande de fer
 - A.2. 2. 3. par cercle de fer
- A.2. 3. maintenues :
 - A.2. 3. 1. par un disque sur le tambour
 - A.2. 3. 2. par planchettes verticales entre les pales (pl. VIA)
 - A.2. 3. 3. par planchettes horizontales entre les pales (figure 10)
- A.2. 4. soutenues par des étais
- A.3. pales insérées entre deux disques tenant lieu de tambour (pl. VIB)

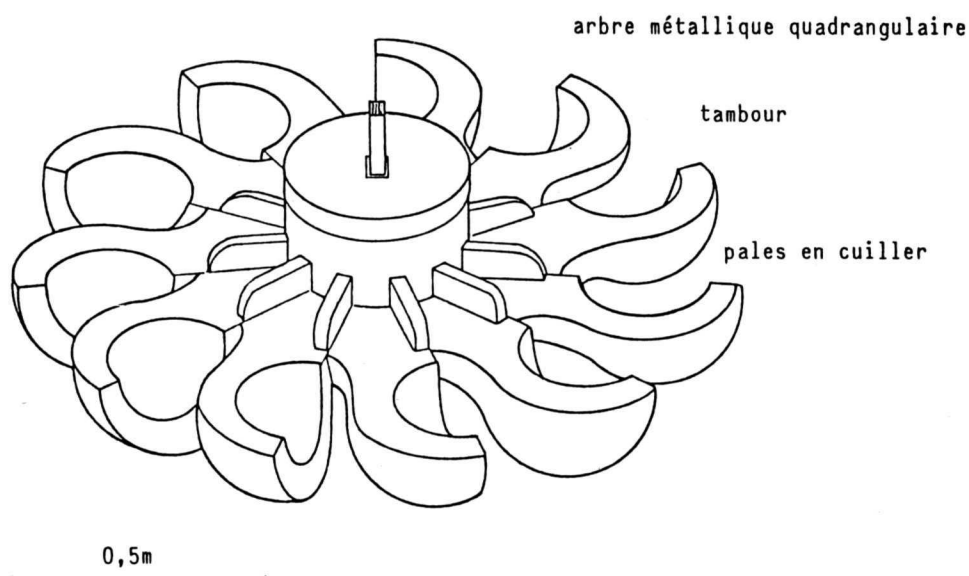


Fig. 8. — A.2.1. pales encastrées dans un tambour renforçant l'arbre métallique.
Bagnes / Le Châble, moulin Bessard.

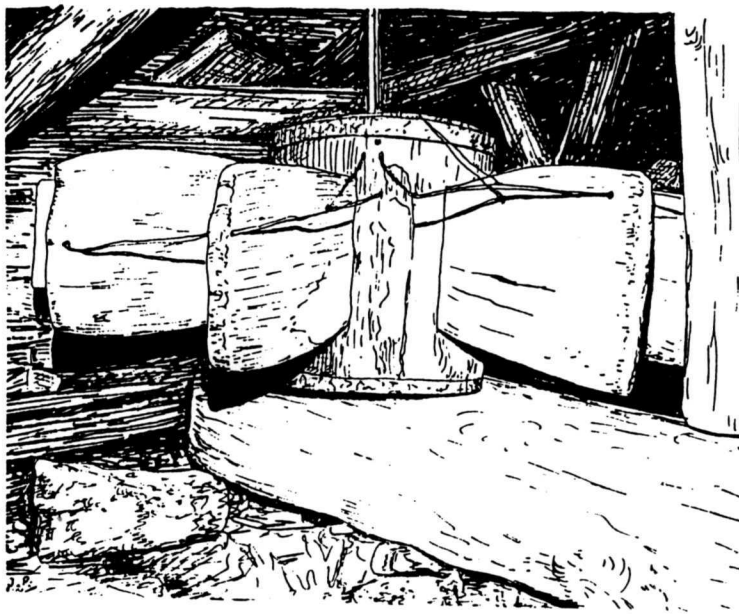


Fig. 9. — A.2.2.1. pales encastrées dans un tambour, ceinturées au fil de fer.
Chandolin, moulin supérieur (1975).

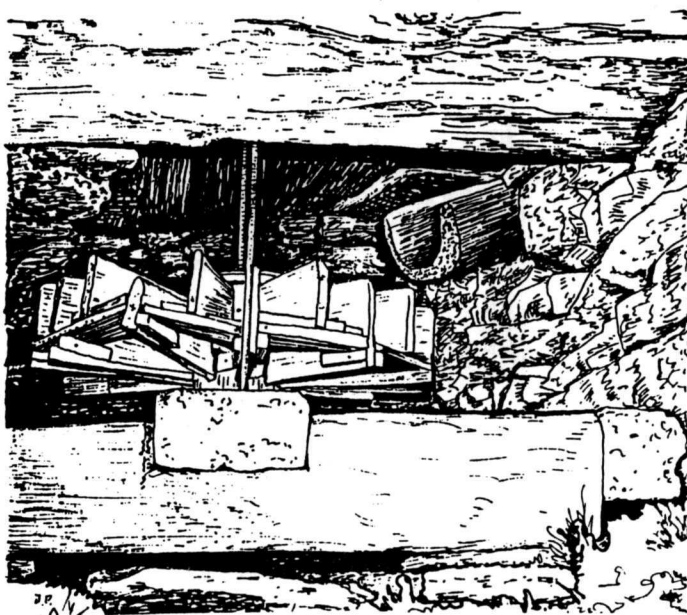


Fig. 10. — A.2.3.3. pales maintenues par des planchettes horizontales.
Chandolin, moulin inférieur (1975).

AB. ASSEMBLAGE MIXTE: arbre-pale-élément de B

AB.1. 1. pales encastrées entre toupie et jante (figure 11)

AB.1. 2. pales encastrées entre toupie et:

AB.1. 2. 1. une couronne

AB.1. 2. 2. deux couronnes

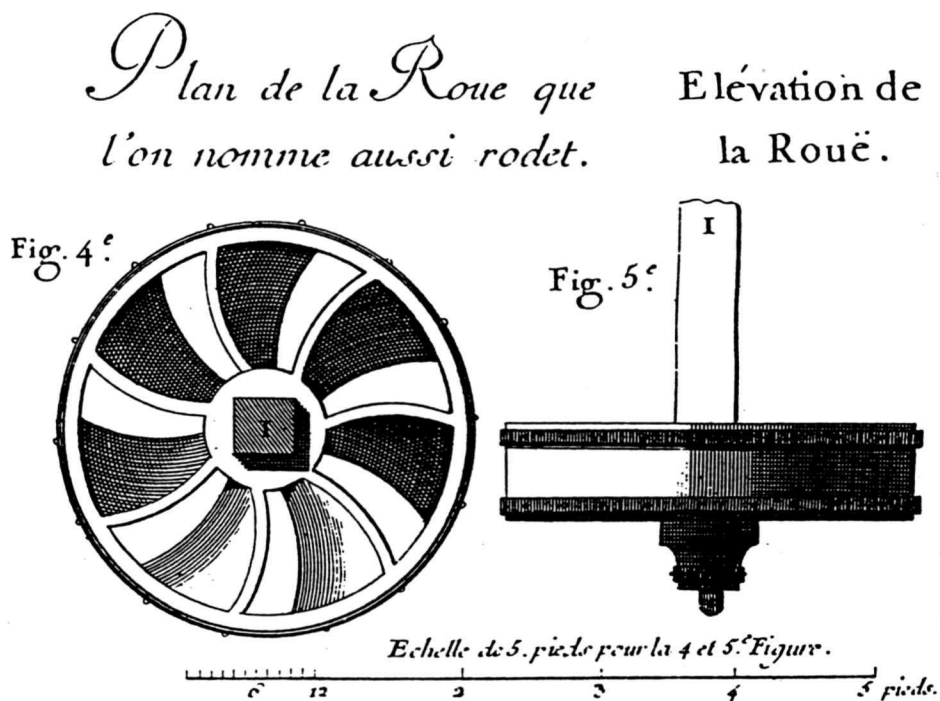


Fig. 11. — AB.1.1. pales incurvées, encastrées entre toupie et jante.
Bélicor, vol. 2, pl. 23.

AB.2. 1. pales encastrées entre tambour et jante (figure 12 et pl. VII)

AB.2. 2. pales encastrées entre tambour et :

AB.2. 2. 1. une couronne

AB.2. 2. 2. deux couronnes

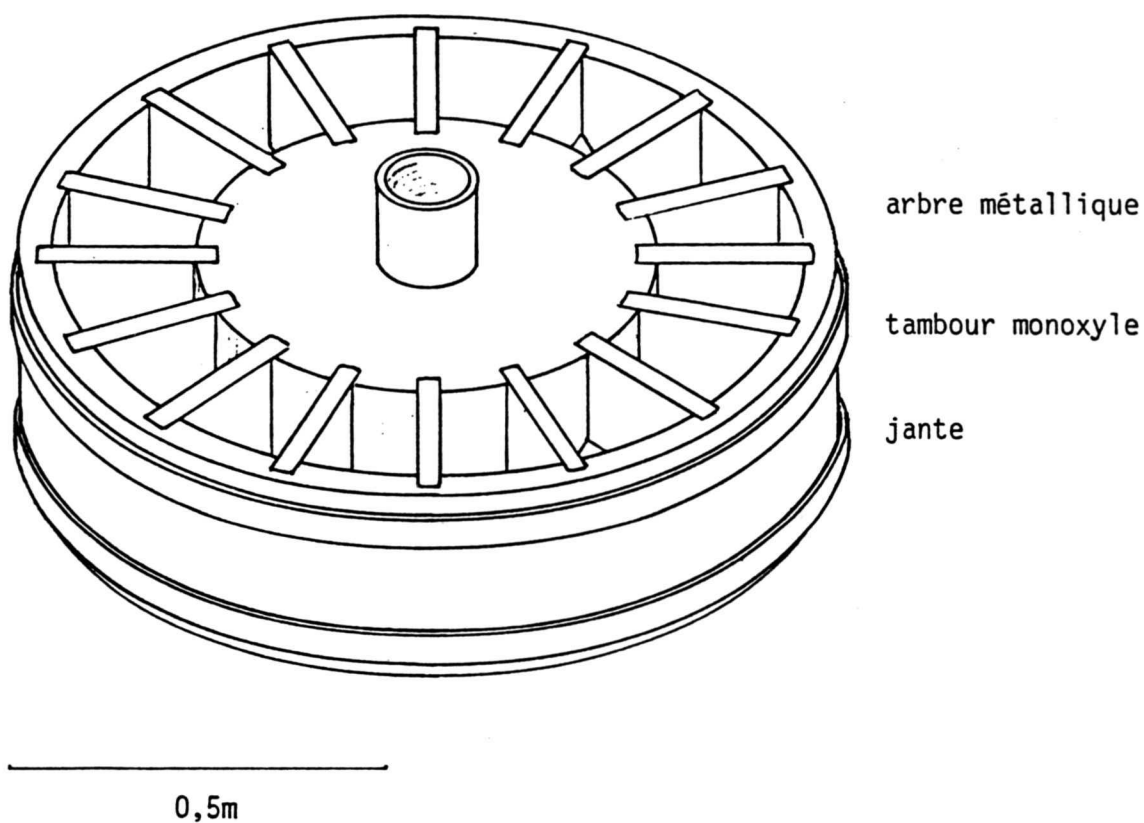


Fig. 12. — AB.2.1. pales coudées, encastrées entre tambour et jante.
Arbaz, moulin Constantin.

B. ASSEMBLAGE COMPOSITE: arbre-support-pales

B. support:

B.0. une planche

B.1. une croix

B.2. une double croix

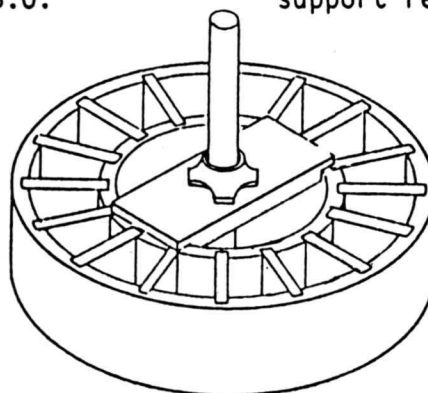
B.3. une hélice

B.4. une étoile

B.5. une « araignée » (figure 13)

Ces six assemblages donnent à la roue son architecture. Ils ne modifient pas son fonctionnement. Au contraire, la disposition et la forme des pales qu'ils supportent influent sur le rendement.

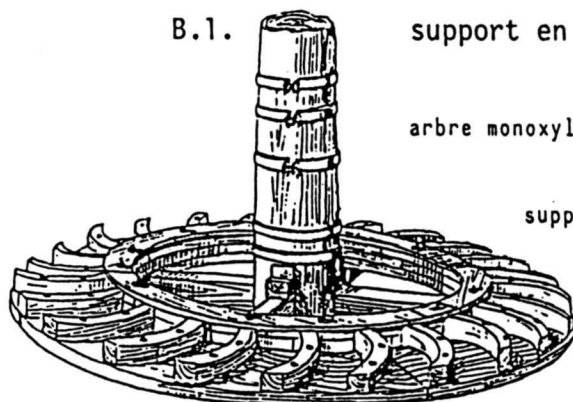
B.0. support rectiligne



VILLAR-LOUBIERE (Hautes-Alpes), moulin
d'après BARDAGOT et SABATIER, 1979, p.377

B.1. support en croix

arbre monoxyle



support en croix

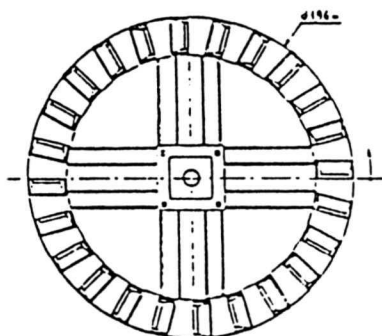
pales incurvées

couronne

ZILIA(Corse), moulin

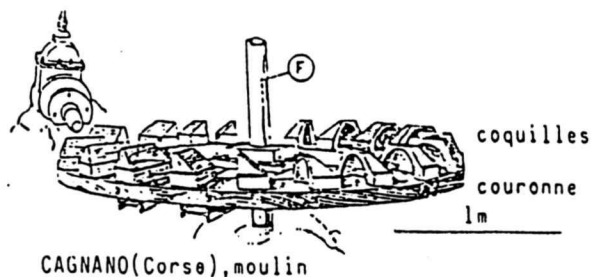
0,5m

B.2. support en double-croix



support en double
croix

axe métallique



coquilles

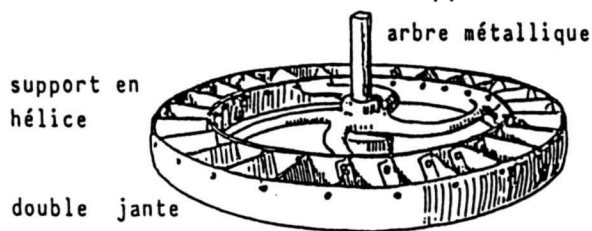
couronne

1m

CAGNANO(Corse), moulin

Fig. 13. — B. Assemblages composites — les supports.

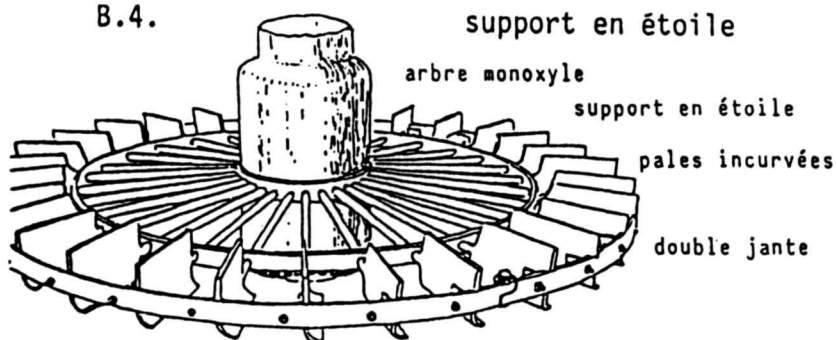
B.3. support en hélice



LAMA(Corse), moulin

B.4.

support en étoile



0.5m

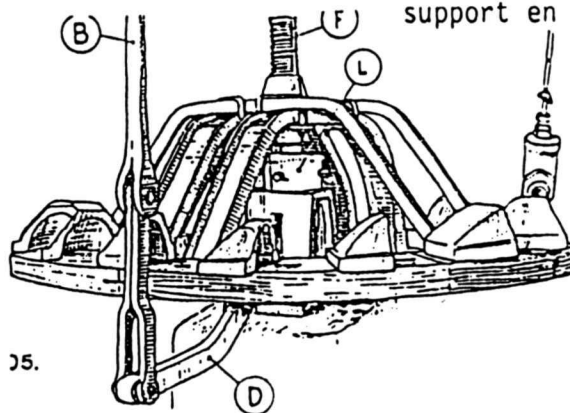
VENZOLASCA (Corse), moulin

B.5.

support en araignée

support métallique

coquilles et couronne
en bois



0,5m

MINERBIO(Corse), moulin

Les modèles B1 à B5 sont tirés de Jean ORSATELLI.

B.0 à B.5: J. (jante ou cadre) pales insérées horizontalement dans un support vertical

B... J.1. à l'extérieur d'une jante:

B... J.1. 1. jante verticale (figure 14)

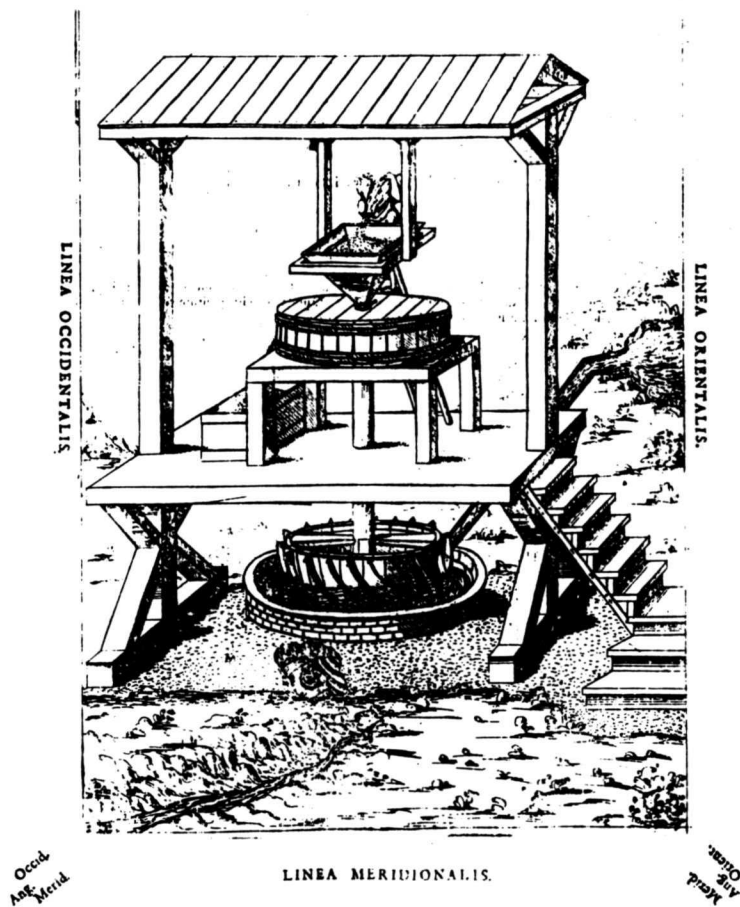


Fig. 14. — B.1. J.1. pales à l'extérieur d'une jante verticale.
Jacques Besson (1582), pl. 28.

B... J.1. 2. jante en entonnoir (figure 15)
 B... J.2. à l'intérieur d'une jante

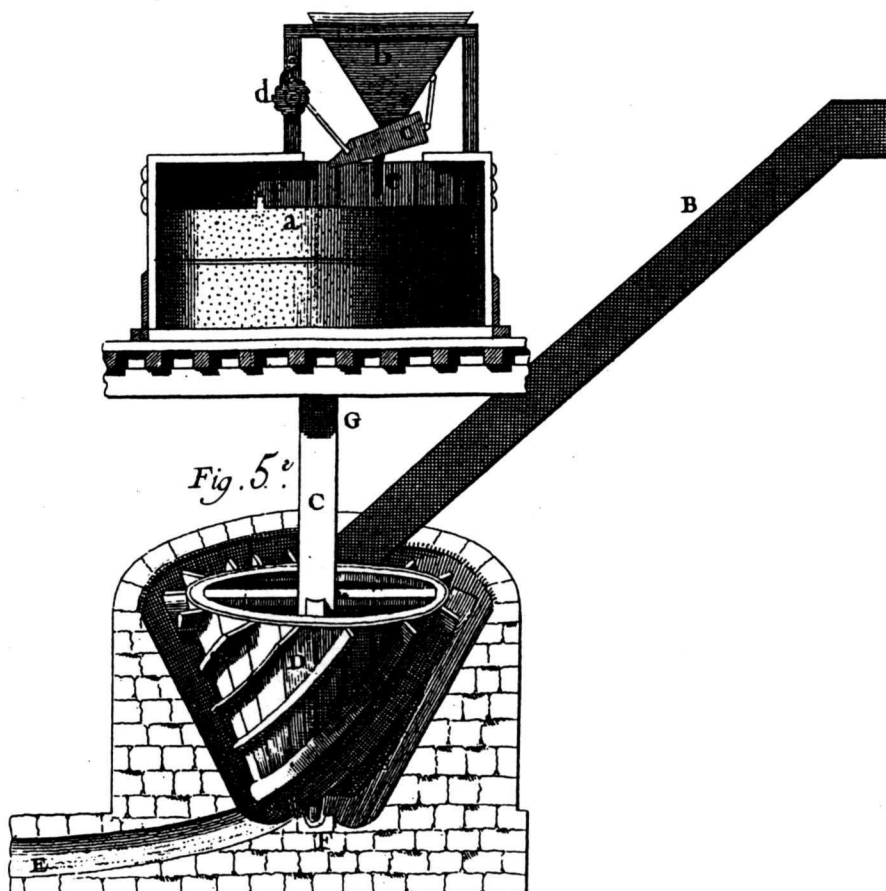


Fig. 15. — B.1. J.2. pales à l'extérieur d'une jante en entonnoir.
 Bélidor, Livre 2, pl. 19.

B... J.3. à l'extérieur d'un cadre quadrangulaire (pales de dimensions variables) (figure 16 et pl. VIIIA)

B... J.4. entre deux jantes :

B... J.4. 1. parallèles

B... <J.4. 2. évasées → turbine Girard >

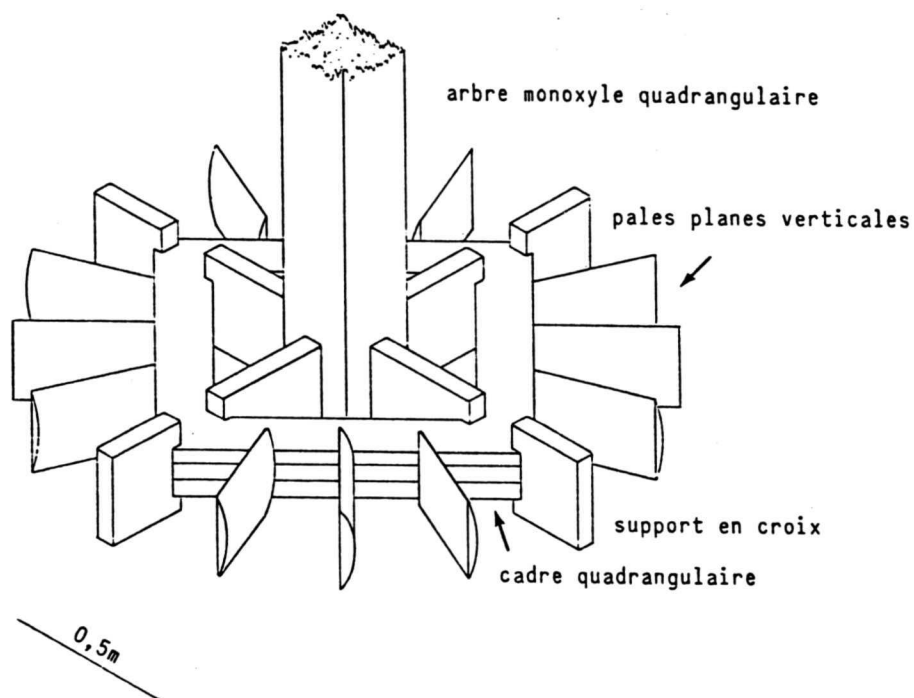


Fig. 16. — B.1. J.3. pales à l'extérieur d'un cadre quadrangulaire.
Troistorrents / La Tine, « battieu ».

- B... J.5. entre jante et couronne :
 B... J.5. 1. extérieure (figure 17 et pl. VIII B)
 B... J.5. 2. intérieure

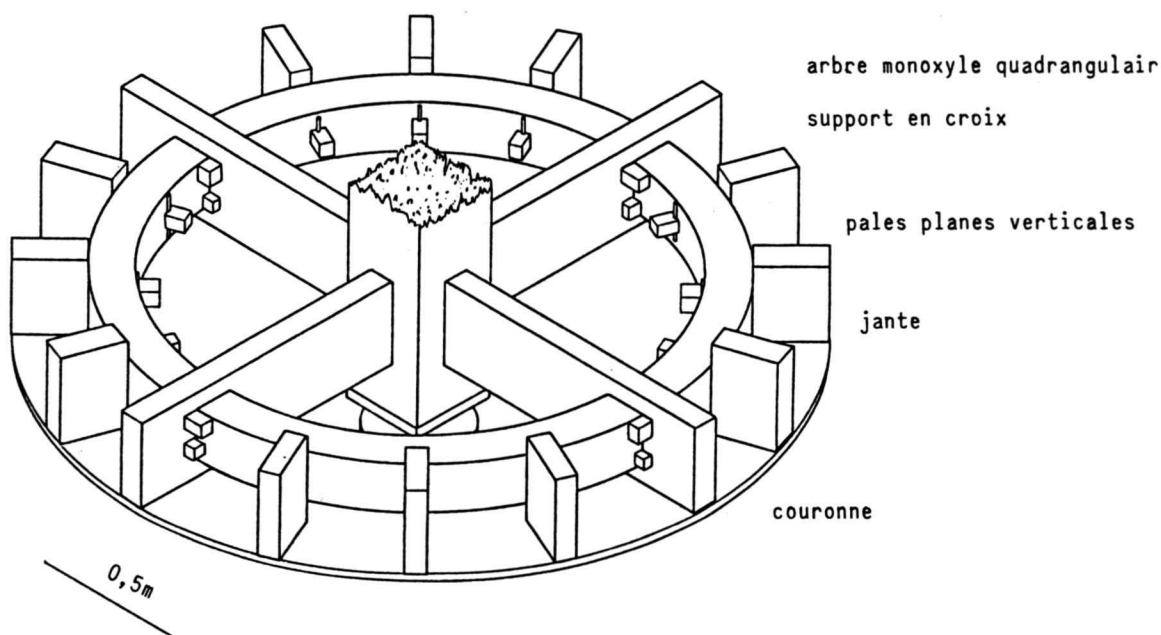


Fig. 17. — B.1. J.5. pales entre jante et couronne.
 Val d'Illeiez/Le Play, « battieu ».

B.0 à B.5: C. (couronne) pales insérées dans un support horizontal
 B... C.1. pales fichées sur une couronne (figure 18 et pl. IX)

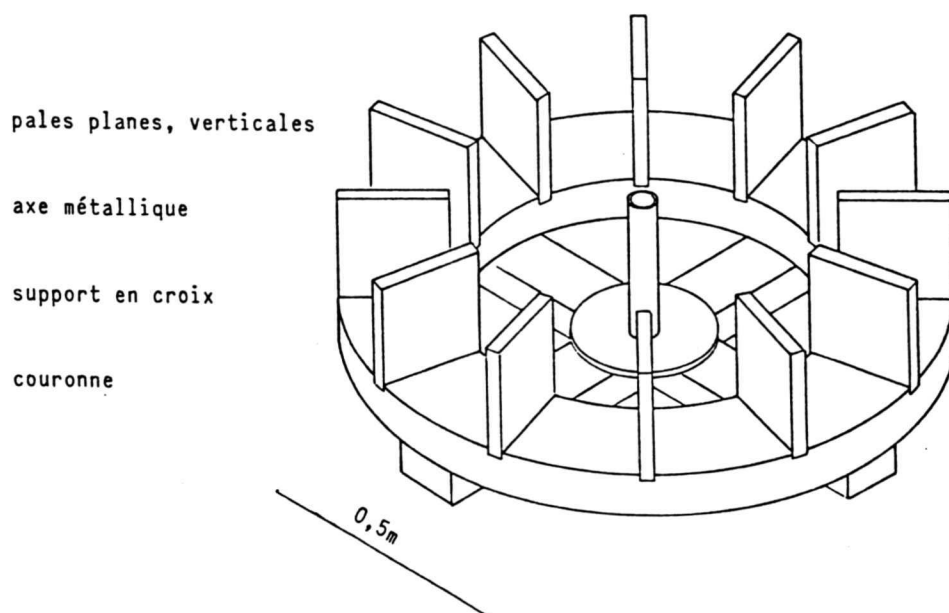


Fig. 18. — B.1. C.1. pales fichées sur une couronne.
 Sankt Niklaus/Schwiedern, moulin.

- B... C.2. pales insérées entre deux couronnes :
 B... C.2. 1. ne dépassant pas la couronne (figure 19 et pl. X)
 B... C.2. 2. pales dépassant les deux couronnes qui les enserrrent

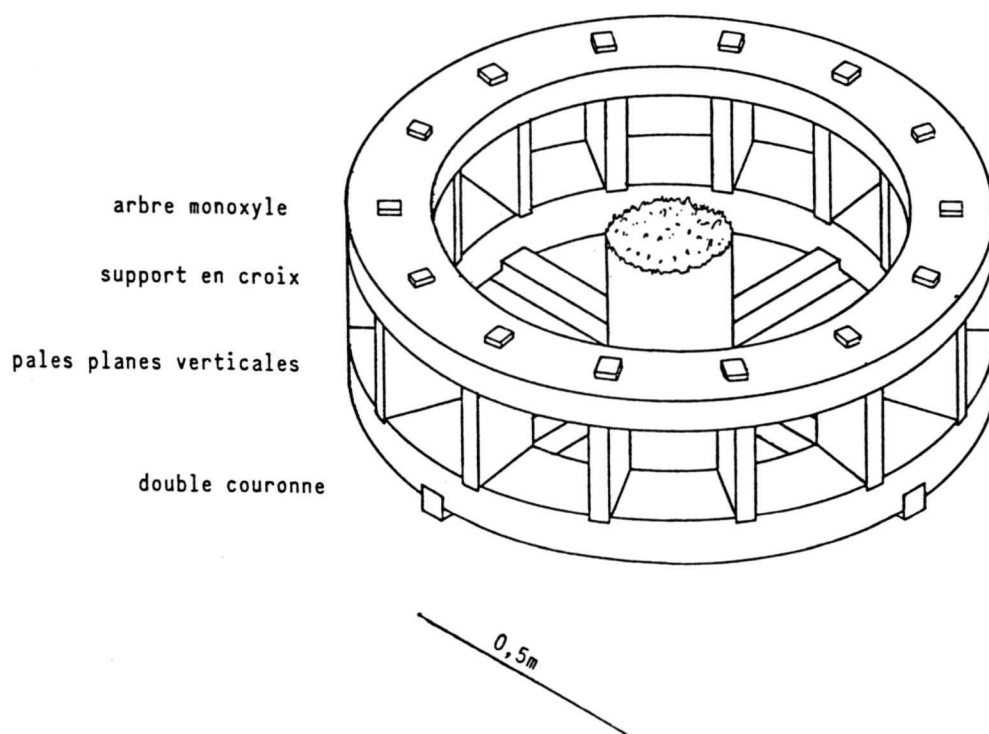


Fig. 19. — B.1. C.2. pales insérées entre deux couronnes.
 Sankt Niklaus/Riedacker I.

- B... C.3. pales insérées entre deux couronnes et une jante :
 B... C.3. 1. extérieure
 B... C.3. 2. intérieure (figure 20)

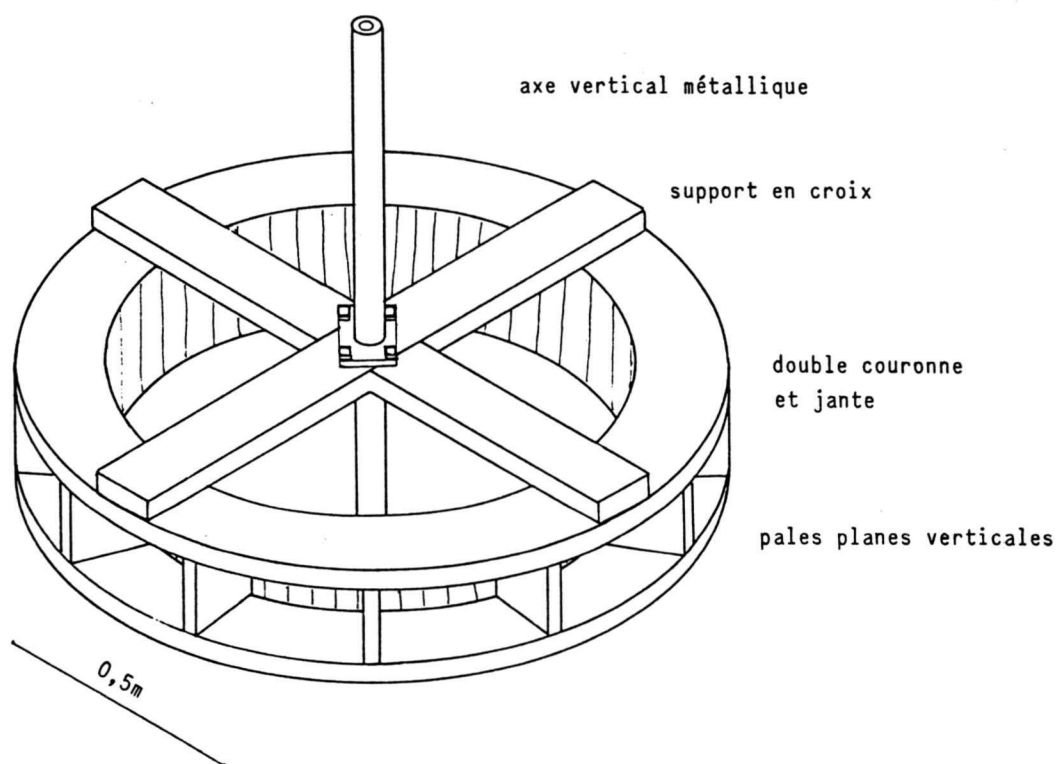


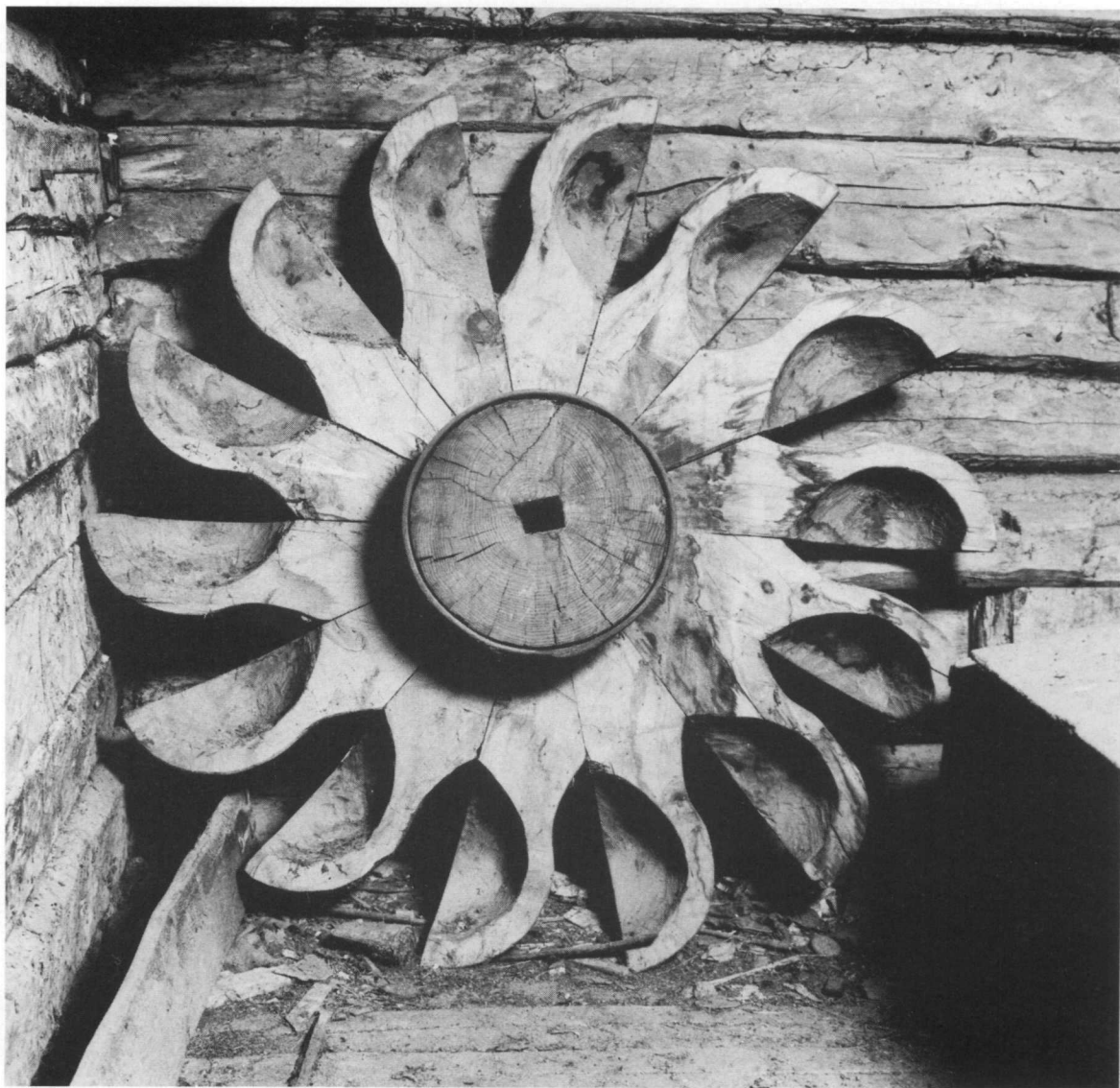
Fig. 20. — B.1. C.3. pales insérées entre deux couronnes et une jante.
 Visperterminen, moulin.



Pl. III. — TAESCH (val de Saint-Nicolas), moulin d'Im Biel, coord. 626°475/101°800.
Reconstruite en 1956, la roue reproduit l'archétype A.1. L'arbre s'élargit en toupie et
pointe son pivot de cristal de roche sur une crapaudine de quartzite (10 pales, Ø 130 cm).
Photo Jean-Marc Biner, 1988.



Pl. IV. — LE CHÂBLE (val de Bagnes), moulin Bessard (1831), coord. 582°540/
102°925). Roue de type A.2.1, à 11 cuillers (Ø 143 cm). Fréquentes dans la plaine du Pô,
ces roues apparaissent en Valais surtout dans le val de Bagnes.
Photo Jean-Marc Biner, 1988.



Pl. V. — VERBIER-VILLAGE (val de Bagnes), moulin aval (1867), coord. 583'040/
104'800. Une roue neuve (14 cuillers, Ø 153 cm) attend vainement un emploi.
Photo Jean-Marc Biner, 1988.

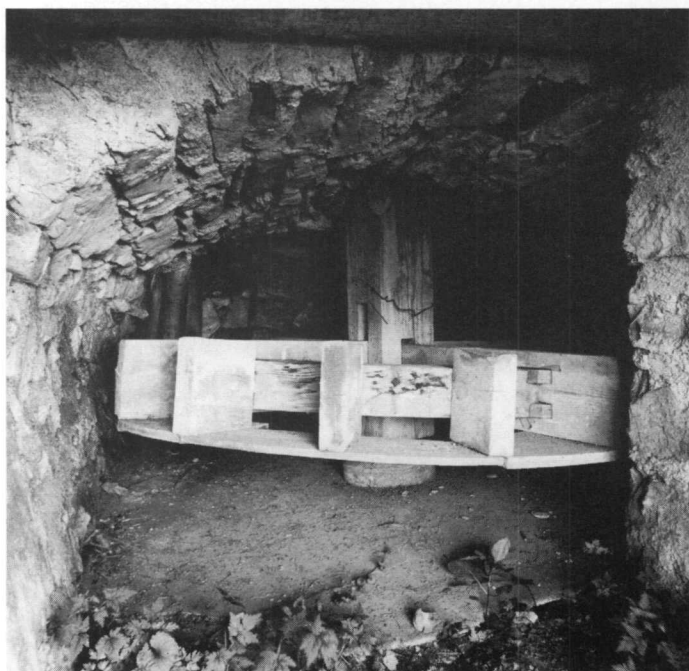


Pl. VI. — a) SEMBRANCHER (val de Bagnes), ribe du moulin d'Allèves (1831), coord. 578°025/103°115. Roue de type A.2.3.2, à 14 pales.

b) NIEDERWALD (vallée de Conches), Rottenbruggen, moulin (1856), coord. 657°675/142°750. La roue horizontale de type A.3, à 12 pales, date de 1940. Photos Jean-Marc Biner, 1988.

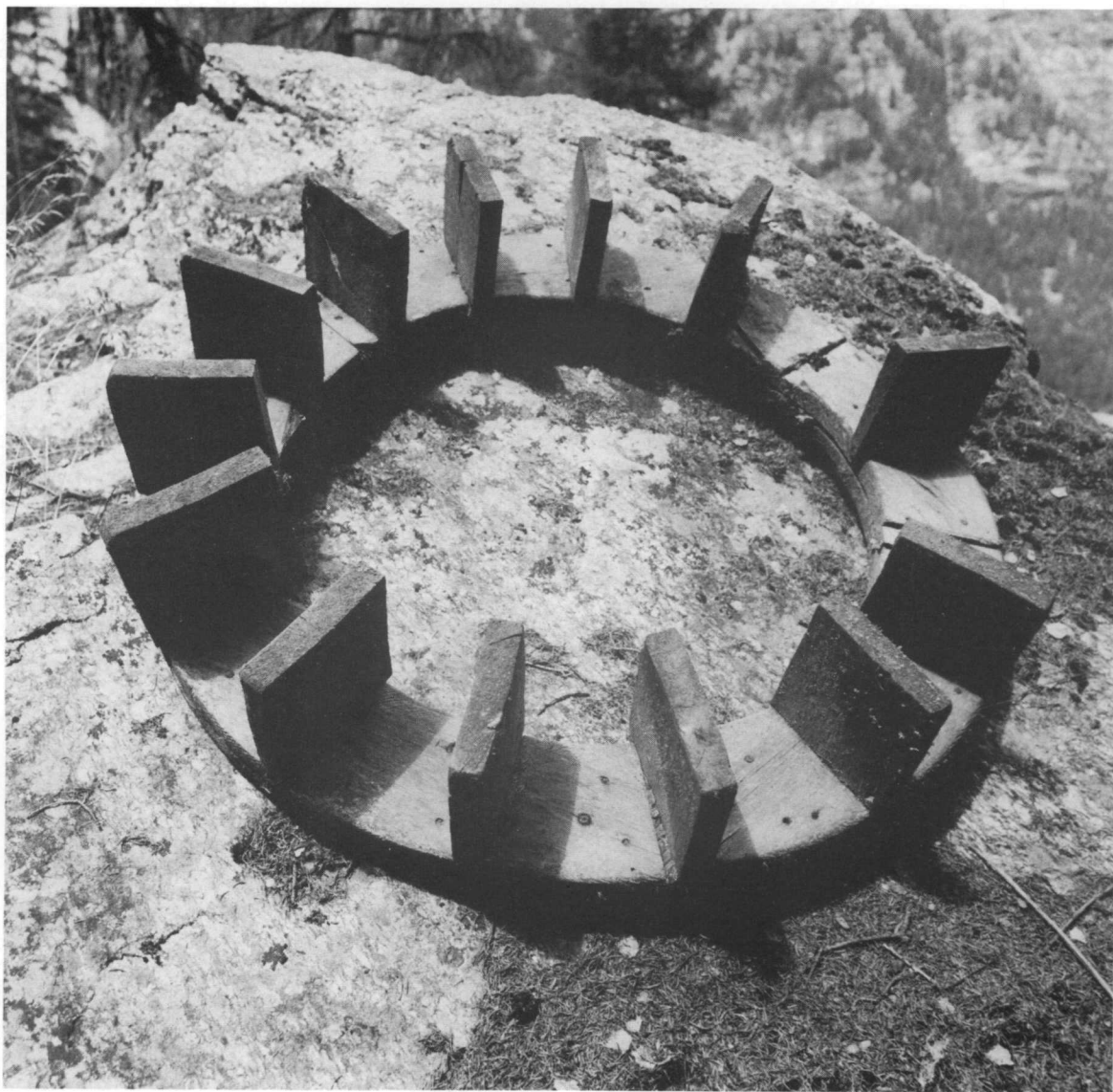


Pl. VII. — MASE (val d'Hérens), moulin aval du Follery, coord. 600'790/115'675. Roue de type mixte, AB 2.1, 19 pales, Ø 122 cm. Photo Jean-Marc Biner, 1988.



Pl. VIII. — a) TROISTORRENTS (val d'Illiez), ribe de La Tine, coord. 559'860/120'060. Roue de type composite B1. J3, à cadre quadrangulaire (16 pales, Ø 163 cm).

b) VAL-D'ILLIEZ, ribe du Play, coord. 557'580/116'315. Roue de type composite B1. J5.1 (16 pales, Ø 213 cm), à jante et couronne.
Photos Jean-Marc Biner, 1988.



Pl. IX. — SANKT NIKLAUS (val de Saint-Nicolas), moulin de Tenjen (détruit), coord. 628'800/113'850. Roue de type composite à simple couronne, B1. C1 (15 pales, Ø env. 115 cm). La croix qui la supportait a disparu. Photo Jean-Marc Biner, 1988.



Pl. X. — SANKT NIKLAUS (val de Saint-Nicolas), moulin Imboden, Riedacker (1876), coord. 629'490/114'875. Roue de type composite à double couronne, B1. C2.1 (14 pales, Ø 116 cm). Photo Jean-Marc Biner, 1988.

- B... C.4. pales insérées entre une couronne et un disque :
 B... C.4. 1. ne dépassant pas couronne et disque (figure 21)
 B... C.4. 2. dépassant couronne et disque : voir A.3.

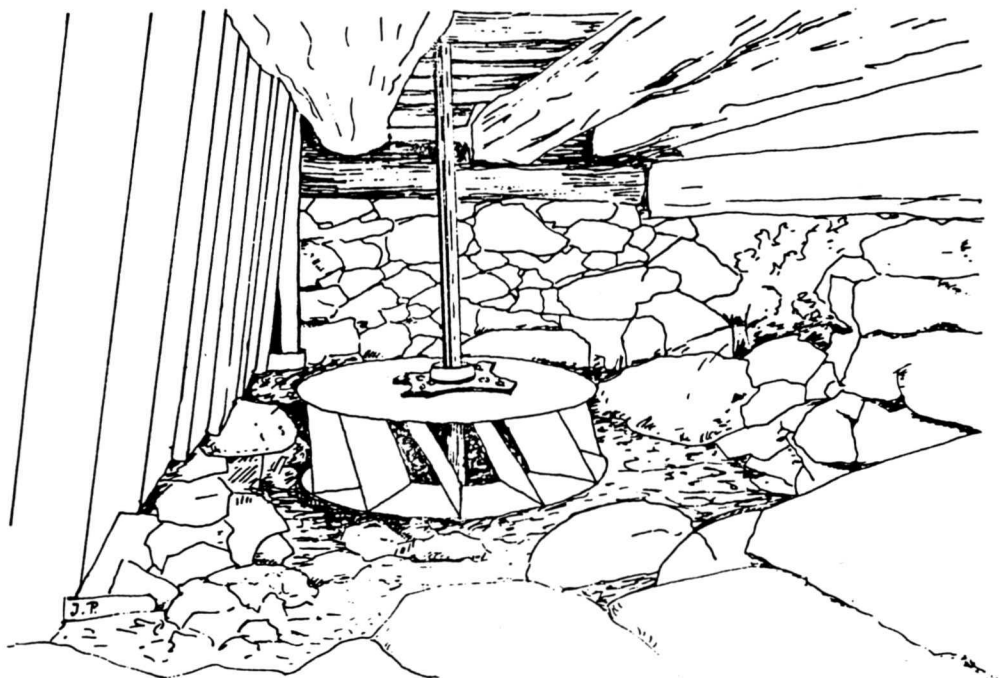


Fig. 21. — B.1. C.4. pales insérées entre une couronne et un disque.
 Bagnes/Les Places, roue métallique du moulin amont.

Ce premier tableau, au-delà de son apparente complexité, montre que les deux types fondamentaux A et B aboutissent à quatre familles de roues horizontales :

l'ensemble A-(AB) (figures 5-10)

l'intersection AB (figures 11-12)

l'ensemble B-(AB) (figure 13)

Assemblage simple,

Assemblage mixte,

Assemblage composite,

subdivisé en deux sous-ensembles :

B/J (figures 14-17)

B/C (figures 18-21)

(figure 22)

Des spécifications supplémentaires affinent cette première approche :

- la forme et l'orientation des pales suggèrent la recherche d'un meilleur rendement,
- l'emploi de fer ou de fonte pour l'arbre et pour les roues marque la tardive pénétration des produits de la plaine.

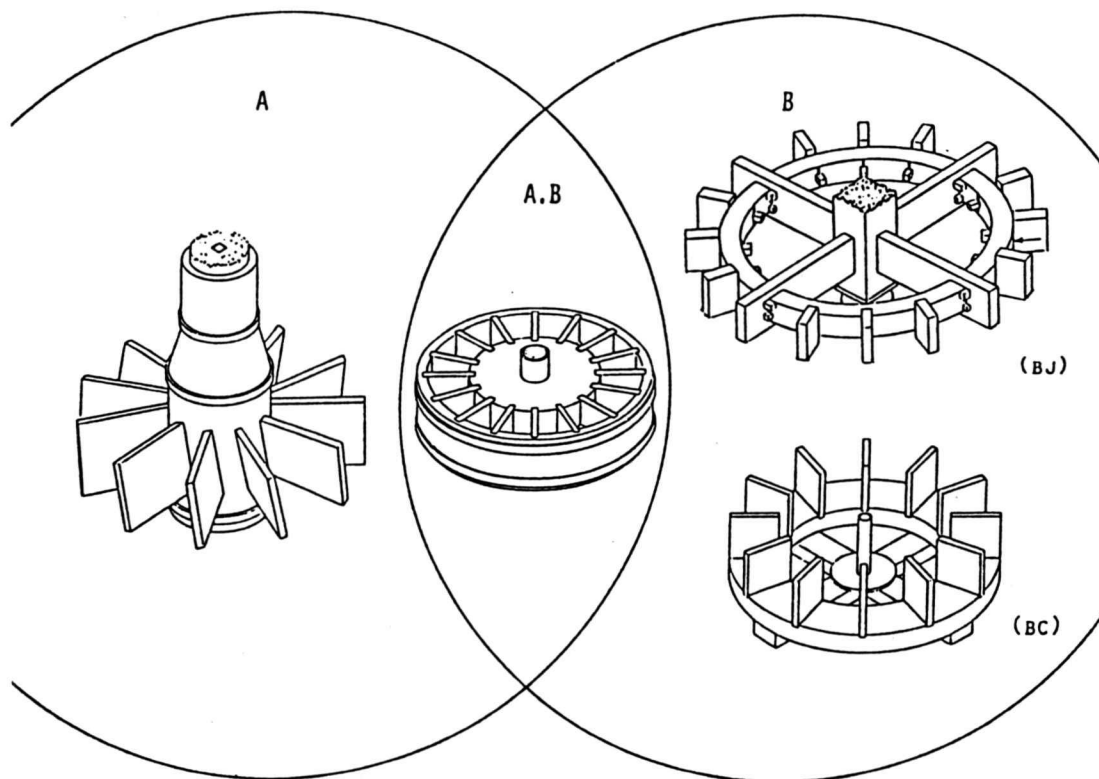


Fig. 22. — Les quatre familles de roues horizontales.

TABLEAU II Les spécifications supplémentaires

PALES

Onze types de pales se différencient par leur forme et leur orientation. Leur nombre varie de 4 à 36 ; il n'est pas nécessairement pair.

P.1. planes :

P.1. 1. verticales

P.1. 2. obliques

P.1. 3. alternées

P.2. coudées :

P.2. 1. en angle obtus :

P.2. 1. 1. haut vertical, bas oblique

P.2. 1. 2. haut oblique, bas vertical

P.2. 2. en angle aigu, deux obliques

P.2. 3. par plusieurs angles obtus

P.2. 4. en angles droits, avec deux retours

P.3. incurvées :

P.3. 1. régulières

P.3. 2. gauchies

P.3. 3. en coquille

P.3. 4. en cuiller

ARBRES

L'arbre vertical en bois cède souvent la place à un fer quadrangulaire ou cylindrique qui s'adapte à tous les types de roues autres que A.1.

L'arbre tourne le plus souvent sur un pivot et une crapaudine en acier. Quelques-uns d'entre eux sont encore montés avec un pivot et une crapaudine de pierre dure, quartzite ou cristal de roche (archétype de la roue horizontale).

bois : (sur pivot d'acier)

bois l : sur pivot de pierre

acier (ac) : 1. quadrangulaire

 2. cylindrique

MATÉRIAU DES ROUES

A part celles du type 1.1 qui ne se conçoivent qu'en bois, les roues ont été parfois refaites entièrement ou partiellement en métal :

bois

acier

fonte

Des cas authentiques

La combinaison des assemblages et des pales, sans même tenir compte des matériaux utilisés aboutit à plus de 1270 variantes susceptibles de fonctionner. Le tableau III en présente 70, authentiques, dont 28 valaisannes et 14 corses, très originales, qui combinent avec beaucoup d'ingéniosité les aciers modernes avec les traditionnelles structures de bois. En Valais, les roues composites sont toujours construites sur une croix (support B.1); en Corse, Jean ORSATELLI (1979) et Mauricette MATTIOLI (1987)²⁵ relèvent avec toute la précision désirée 5 supports différents (B.1-B.5), dont la double croix (B.2) et l'« araignée » (B.5) apparemment inconnues ailleurs (voir figure 13). Les enquêtes futures découvriront d'autres variantes. Dans le tableau ci-dessous, les références étrangères ou valaisannes sont données à titre d'exemple, elles ne visent pas à l'exhaustivité.

TABLEAU III Les variantes constatées

<i>Assemblage</i>	<i>Pales</i>	<i>Matériau</i>		<i>Références</i>
simple		roues	axe	
A.1.1	P.12	bois	bois l	Saint-Luc, Taesch (pl. III), Valais ; Breckon Loch, Eshaness, Shetland (Wilson, Paul N., 1973)
A.1.1	P.12	bois	ac.1	Fieschertal (fig. 5), Valais
A.1.1	P.13	bois	bois	Vang Dipodrang, Bhoutan
A.1.1	P.23	bois	bois	Chhêngtu, Chine (Needham, 1965, p. 400)
A.1.1	P.34	bois	bois	Dandrio, Tessin (Riva, 1984), p. 138 ; Mol. al Ponte, Chianti (Antichi Mul. nel Chianti, fig. 38-40) ; Madère (Calvert, 1978, p. 45-53)
A.1.2.1	P.34	bois	bois	Carticasi, Corse (Mattioli, 1987, p. 249)
A.1.2.2	P.34	bois	bois	Colagnes-Basses, Lozère (Pourcher, 1985, p. 146)
A.1.2.3	P.11	bois	bois	Cavorgia, Grisons (Deflorin e Tomaschett, I, 1982, p. 157)
A.1.2.3	P.34	bois	bois	Ciamannace (fig. 6), Corse (Orsatelli, p. 43)
A.1.4	P.34	bois	bois	Gualdo Tadino, It. (Sagui, p. 329) ; Narbonne (Cazals, 1985, p. 35) ; roue de Bélidor*, II, chap. I, pl. 49
A.2.1	P.11	bois	ac.1	Chandolin Ia, IIa, Reckingen, Valais

²⁵ ORSATELLI, Jean, *Les Moulins*, Marseille, 1979. — MATTIOLI, Mauricette, « Les moulins à eau à roue motrice horizontale et à transmission directe de la région de Corse », *L'Archéologie industrielle en France*, n° 15, juin 1987, p. 21-30.

A.2.1	P.12	bois	bois	Nuristan, Afghan., (Loude, p. 92-93); Bourg-Saint-Pierre, Vissoie (ribe, Saint-Jean), Valais
A.2.1	P.12	bois	ac.1	Gamsen (Nanzer), Valais
A.2.1	P.13	bois	ac.1	Vissoie I, Valais
A.2.1	P.211	bois	ac.1	Birgisch, Evolène (Borgne 2), Valais
A.2.1	P.22	bois	ac.1	Sion, Valais (Stäheli, 1951, p. 15, pale inversée!)
A.2.1	P.34	bois	bois	Sibiu, Roumanie; Peshawar, Pakistan (Delacrétaz, 1986, p. 177); Marjevols, Lozère (Pourcher, p. 144)
A.2.1	P.34	bois	ac.1	Le Châble (fig. 8 et pl. IV), Verbier (pl. V), Valais; Campo, Bocognano, Corse (Orsatelli, p. 42-43)
A.2.2.1	P.11	bois	ac.1	Chandolin IIb (fig. 9), Valais, Cataeg- gio, Valteline (Benetti, A. et. al., 1983)
A.2.2.2	P.33	ac	bois	Coutaloux, Lot-et-Gar. (Emptoz et Peyre, 1985, fig. 14-16)
A.2.2.2	P.33	bois	bois	Toplet, Roumanie (Brukenthal Mu- seum, Sibiu, p. 82)
A.2.3.1	P.11	bois	ac.1	Ernen, Ulrichen, Valais
A.2.3.1	P.34	bois	bois	Verdun, Quins (Aveyron), (Emptoz et Peyre, 1985, fig. 8/4)
A.2.3.2	P.12	bois	ac.1	ribe d'Allèves, Sembrancher, Valais (pl. VIA)
A.2.3.3	P.11	bois	ac.1	Chandolin Ib (fig. 10), Valais
A.3	P.211	bois	ac.2	Selkingen, Valais
A.3	P.212	bois	ac.2	Niederwald, Valais (pl. VIB)

Assemblage

mixte	pales	roues	axe	
AB.1	P.?	bois	bois	Chine, 1313 (Traité Nung Shu-Need- ham, 1958, pl. 19); Comillas, prov. San- tander (Curwen, 1944, p. 137)
AB.1	P.32	bois	bois	Basacle (fig. 11), Toulouse (Bélicor, II, chap. I, pl. 5, 6)
AB.2.1	P.211	bois	ac.2	Itravers; Arbaz (fig. 12); Valais
AB.2.1	P.22	bois	ac.1	Mase, Valais (pl. VII)
AB.2.1	P.32	bo/ac	ac.2	Cordoue (Smith, Normann, 1976, pl. ht. 9)
AB.2.1	P.34	ac	ac.2	Cougousse; Salles-Courbatier; Aveyron (Emptoz et Peyre, 1985, fig. 5 et 8)
AB.2.2.1	P.31	bois	bois	Martini, Franc. di Giorgio (vers 1475), vol. 1, p. 141-59
AB.2.2.2	P.12	bois	ac.1	Champsec, Valais

Assemblage

composite	pales	roues	axe	
B.0 J.4.1	P.31	b/fer	ac.1	Villar-Loubière (fig. 13/B0), Hautes-Alpes (Bardagot et Sabatier, 1979, p. 377; Fournier, 1987, pl. VI)
B.1. J.1.1	P.11	bois	bois	Troistorrents a, Valais
B.1. J.1.1	P.12	bois	bois	Zornasco (Molini d'Ossola, p. 42)
B.1. J.1.1	P.31	ac	ac.2	Urtaca, Corse (Orsatelli, p. 51)
B.1. J.1.1	P.32	bois	bois	mod. de Jacques Besson, 1582 (fig. 14)
B.1. J.1.1	P.34	bois	bois	Ogliastro, Corse (Orsatelli, p. 44)
B.1. J.1.2	P.32	bois	bois	Garonne (fig. 15) (Bélicor, II, pl. 19/5)
B.1. J.3	P.11	bois	bois	Troistorrents b (fig. 16 et pl. VIIIA), Valais
B.1. J.4.1	P.12	bois	bois ac.1	Lano, Corse (Orsatelli, p. 39) Albinen, Valais
B.1. J.5.1	P.11	bois	bois	Val-d'Illiez (fig. 17 et pl. VIIIB), Valais
B.1. J.5.1	P.31	bois	bois	Zilia, Corse (fig. 13/1), (Orsatelli, p. 52)
B.1. C.1	P.11	bois	bois 1	Törbel, Valais
B.1. C.1	P.11	bois	ac.2	St. Niklaus / Schwiedernen (fig. 18), Tenjen (pl. IX), Valais
B.1. C.1	P.11	ac	bois	Zermatt, Pfarrhaus, Valais
B.1. C.1	P.12	bois	bois	Valquières (Hérault), (Les Moulins de l'H., 3, p. 19)
B.1. C.1	P.24	bois	bois	val Reginu, Corse (Mattioli, 1987, p. 25)
B.1. C.1	P.33	bois	bois	Sisco, Corse (Orsatelli, p. 50)
B.1. C.2.1	P.11	bois	ac.1	St. Niklaus / Riedacker (fig. 19 et pl. X), Valais
B.1. C.2.2	P.34	bois	ac.2	Pie d'Orezza, Corse (Mattioli, 1987, p. 26)
B.1. C.3.1	P.11	bois	bois ac.1	Eisten / Leidbach; Ahorn Visperterminen (fig. 20), Valais
B.1. C.4.1	P.12	ac	ac.2	Versegères (fig. 21), Valais
B.2. C.1	P.12	bois	bois	Gavignanu, Corse (Mattioli, 1987, p. 25)
B.2. C.1	P.33	bois	ac.2	Cagnano, Corse (fig. 13/B2), (Orsatelli, p. 47)
B.3. J.4.1	P.12	fo/ac	ac.2	Lama, Corse (fig. 13/B3), (Orsatelli, p. 41)
B.3. J.4.1	P.31	ac	ac.1	Fréchou, Hautes-Pyrénées (Dufournier, 1980, p. 206)
B.3. J.4.1	P.31	ac	ac.2	Roques-Nègres, Aude (Cazals, p. 15)
B.3. J.4.1	P.31	fo/ac	ac	Locronan, Finistère (Homualk de Lille, 1987, p. 38)
B.4. J.1.1	P.31	ac	ac.2	Arvieux I, Alpes-Marit.

B.4. J.4.1	P.11	bois	bois	Traité Nung shu, 1313; Kansu, Chine (Needham, 1965, pp. 208, 371, 400)
B.4. J.4.1	P.211	ac	ac.1	Venzolasca, Corse (fig. 13/B4), (Orsatelli, p. 40)
B.4. J.4.1	P.31	ac	ac.2	Arvieux II, Alpes-Marit.
B.4. J.4.2	P.31	ac	ac.1	Som-La-Proz, Valais (turbine Girard...)
B.4. J.5.1	P.11	bois	bois1	roue de Jacopo de Strada vers 1580 (Strada, 1617, pl. 83)
B.5. C.1	P.33	bo/ac	bois	Minerbio, Corse (fig. 13/B5), (Orsatelli, p. 46).

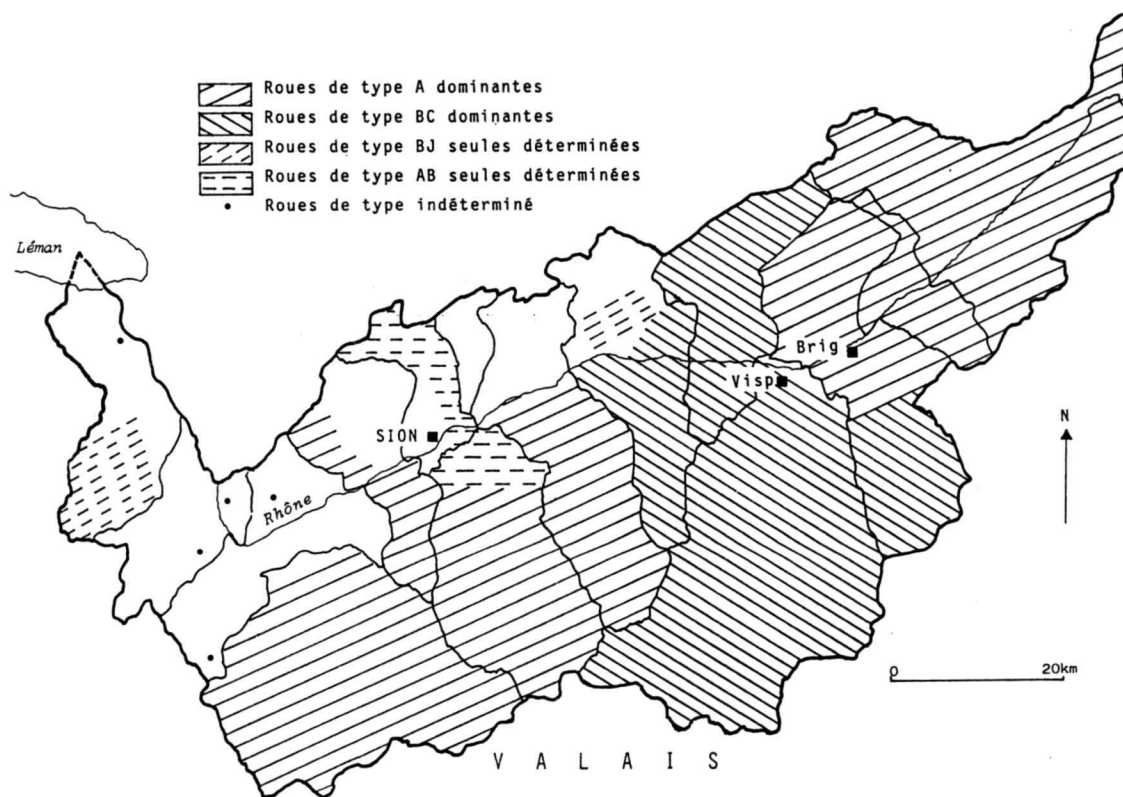


Fig. 24. — Répartition des roues hydrauliques horizontales.

- Les roues horizontales relevées dans le cadre valaisan frappent :
- par leur similitude avec des modèles parfois très éloignés géographiquement,
 - par leur diversité.

Mais leur distribution spatiale n'est pas aussi anarchique que le suggéraient les premières recherches et que le pensait le grand connaisseur du Valais rural que fut Wilhelm Egloff²⁶. En fait, si on ramène les 28 variantes valaisannes aux quatre familles fondamentales, on constate qu'il existe d'indiscutables dominantes régionales (figure 23, voir planche II ; figure 24).

Les roues à pales insérées dans une toupie ou un tambour (type A) s'imposent au sud du Rhône, de l'Entremont au val d'Anniviers, et dans la vallée de Conches ; la variante à cuillers, dominante dans la plaine du Pô, n'apparaît qu'entre le Châble, Verbier et Nendaz. Les roues du sous-ensemble BC (support en croix, une ou deux couronnes) se concentrent surtout dans le district de Viège. Le modèle AB subsiste au nord et au sud de Sion, tandis que le sous-ensemble BJ (support en croix et jante ou cadre) ne se retrouve que dans le val d'Illiez (et à Albinen), alors qu'il est signalé à Zornasco dans le val d'Ossola au sud du Simplon (Italie).

L'amenée d'eau

La puissance des usines hydrauliques est directement proportionnelle à la hauteur de la chute et au débit disponible. Mais la configuration du terrain, le climat, les contraintes juridiques, le coût de tels travaux interdisent souvent aux usiniers de modifier ces données. Il leur reste un moyen d'accroître quelque peu la puissance de leur installation : aménager l'amenée d'eau existante.

Conduite par des chéneaux creusés dans un tronc d'arbre ou par un canal de planches, l'eau voit son accélération rapidement freinée par les frottements contre les parois. Sensibles sur toute la longueur de la canalisation, ils croissent grosso modo en fonction du carré de la vitesse. Quelques moulins du Haut-Valais évitent cet inconvénient, grâce à une conduite forcée, creusée dans un tronc et munie de buses que l'on change selon la puissance désirée (Törbel, Grächen, Ernen, Münster). D'autres usines, rénovées, adoptent des tuyaux et des buses métalliques (Som-La-Proz par exemple). Dans ces cas, la vitesse de l'eau et par conséquent les frottements restent insignifiants jusqu'à la buse. La puissance brute en est fortement accrue.

Les conduites sous pression, peu fréquentes, se retrouvent ailleurs en Europe, de la Roumanie (par exemple à Svinitza)²⁷ au Portugal (Ourondo, Serra de Esdrella)²⁸.

²⁶ EGLOFF, Wilhelm, 1982, p. 9-13.

²⁷ Voir : Brukenthalmuseum Sibiu, *Museum der bäuerlichen Technik*, p. 82.

²⁸ GARNERET, Jean, « Autour d'un moulin portugais », *Barbizier*, n° 2, Nouvelle série.

Le meilleur et le permanent

Faute de mieux, l'usinier accroît donc la puissance en installant une conduite forcée. Il améliore le rendement en introduisant des pales obliques, coudées, ou en cuiller pour augmenter l'angle de déflexion du jet. Il adapte son installation en modifiant les buses, ou, dans les modèles composites, en accroissant le bras de levier (figure 17).

Les modèles les plus puissants semblent être ceux à jante et couronne (B.1 J.5) ou à double couronne et jante (B.1 C.3). A Gamsen près de Brigue, une ribe à roue horizontale de type A.2 complète le moulin Stoffel. Lorsque la ribe du moulin voisin (Amherd) est abandonnée, le meunier Stoffel en reprend la meule tronconique (« rebatet »), plus belle et moins usée, bien qu'elle soit datée de 1656. Mais les deux pièces ne sont pas identiques. De même diamètre extérieur (68 cm), de même profondeur (38 cm), celle de 1656, moins conique, a un diamètre intérieur de 66 cm contre 56 cm à la meule remplacée. Elle pèse quelque 50 kg de plus. La roue de type A.2 ne parvient pas à la mettre en branle. Faute de pouvoir changer le débit ou la chute, le meunier installe une roue plus performante, de type B.1 C.3 de 120 cm de diamètre.

Puissance déclarée et puissance effective

La statistique du Service fédéral des Eaux situe en 1928 la puissance des roues à eau horizontales du Valais entre 1/2, 2 et même 3 HP (0,37 à 2,2 kW) en particulier à Issert (comm. d'Orsières). En fait, les moulins d'Issert disposent de 3 roues de type A.2 à palettes obliques et non d'une seule comme l'indique la Statistique. Pour les simples roues à eau, les relevés du Service des Eaux sont flous ; les enquêteurs ne recalculent pas leur puissance ; ils se contentent apparemment des déclarations faites par les propriétaires. Inquiets de l'influence des sociétés hydroélectriques, menacés par leur voracité, les petits usiniers exagèrent souvent la capacité de leurs engins pour disposer d'une marge de sécurité, quand ils n'évoquent pas tout simplement la roue idéale dont ils auraient besoin ; c'est le cas à Vissoie par exemple où les deux moulins de la bourgeoisie de Saint-Jean, qui disposent chacun de deux roues horizontales de type A.2, sont enregistrés l'un et l'autre avec une roue verticale de 10 HP²⁹ !

En 1949, la Société des forces motrices d'Orsières, qui s'efforce de récolter toute l'eau possible pour son usine, étudie quelle est la quantité d'eau nécessaire aux deux moulins de Som-La-Proz. Ce dossier, transmis aimablement par la Société, nous donne les seuls chiffres établis scientifiquement en Valais³⁰. La

²⁹ La statistique de 1928 recense en Valais 452 roues à eau, verticales ou horizontales. Malgré ses oublis, malgré ses estimations fantaisistes, l'erreur globale reste insignifiante : l'ensemble des roues, tel qu'il est relevé, ne représente que 0,25 % de la production d'énergie du Valais... (voir n. 22).

³⁰ Archives des Forces motrices d'Orsières, CH 92. — Aimablement transmis par M. Camille Ançay.

Société suggère d'emblée de remplacer l'amenée d'eau à ciel ouvert par une conduite fermée, terminée par une buse, et de substituer à la roue horizontale à pales obliques du moulin inférieur une turbine qui produirait autant d'énergie en utilisant beaucoup moins d'eau. Mais il faut d'abord calculer la puissance réelle des roues et déterminer la vitesse optimale pour moudre. Un sabot de chêne freinera la meule tournante, qui sera couplée à un dynamomètre. Une série d'essais, en janvier et février 1949, aboutissent aux résultats suivants :

Moulin inférieur

- Chute utile : 4,75 m
- débit utile : 19,5 kg/sec.
- puissance brute : $4,75 \times 19,5/75 = 1,24$ HP, soit 908 W.

La roue, en médiocre état, atteint son meilleur rendement et sa plus grande puissance à 25 tours/minute. Production : 6,5 kg de farine d'orge à l'heure

- puissance réelle maximale : 260 W (0,353 HP)
- rendement maximum : 29 %.

*Moulin du milieu*³¹

- Chute utile : 6,8 m
- débit utile : 17 kg/sec.
- puissance brute : 1,13 kW (1,54 HP).

La roue, en bon état, atteint son meilleur rendement et sa plus grande puissance 550 W (0,75 HP) à 69,5 tours/minute. Sa marche normale est à 73 tours/minute³².

Production : 11,2 kg de farine de blé à l'heure

- puissance réelle maximale : 550 W (0,75 HP)
- rendement maximum : 49 %.

En définitive, l'expert qui avait songé d'abord à une turbine Pelton de 1200 mm de diamètre propose pour le moulin inférieur une turbine Girard, plus facile à adapter, et meilleur marché. Elle existe toujours.

³¹ En 1949, le moulin supérieur de Som-La-Proz est désaffecté depuis de longues années.

³² En 1588, pour Ramelli, les meules tournent normalement à 30 tours/minute ; pour Bélidor, vers 1740, à 60 t/min. En 1835, A. Taffé attribue aux modèles à roues horizontales du midi de la France une marche normale de 80-90 t/min. En 1985, H. Jüttemann (p. 41) relève des vitesses très supérieures dans les moulins à roues verticales de la Forêt-Noire :

- 180-230 t/min pour des meules de 0,80 m de diamètre,
- 140-165 t/min pour des meules de 1,05 m de diamètre,
- 95-118 t/min pour des meules de 1,50 m de diamètre.

Placées sous une chute de même hauteur et de même débit, les roues les plus perfectionnées n'améliorent que faiblement la puissance réelle. Si le remplacement d'une roue A.2 à pales obliques faisait passer le rendement de 49 % à 70 %, il n'augmenterait par exemple la puissance effective du moulin du milieu de Som-La-Proz, que de 0,2 kW. L'énergie consacrée à la mouture passerait de 0,55 à 0,72 kW. Un surcroît de 30 % dû au perfectionnement des roues serait une source de bénéfices substantiels pour des installations de grandes dimensions. A l'échelle du kilowatt, il risque de coûter beaucoup plus qu'il ne rapportera.

La grande variété des types rencontrés dans le canton du Valais ne s'explique pas uniquement par le compartimentage des vallées ou par l'attachement à une tradition qui serait autochtone. La fréquence des exceptions et des modifications de détail montre que les propriétaires de moulins ont cherché souvent une solution plus adéquate.

Il n'est pas aisé d'établir une hiérarchie entre tous les modèles utilisés : une eau plus abondante, une roue de plus grand rayon, une conduite fermée (sous pression) donnent une efficacité suffisante aux instruments les plus frustes³³.

C'est ce qui explique l'apparent conservatisme des propriétaires de petites usines et la persistance de modèles à peine modifiés au cours de deux millénaires.

³³ Les derniers moulins en activité ou susceptibles d'être remis en marche se rattachent essentiellement au type A.1, excepté Arbaz (A.B) et le moulin de Törbel restauré au musée en plein air de Ballenberg (type B.1 C.1). A ce jour la puissance des survivants n'a pas été calculée.

APPENDICES

I. Moulins et ribes

<i>Districts</i>	<i>roue vert.</i>	<i>roue hor.</i>	<i>roue indét.</i>	<i>total</i>	<i>% hor.</i>
Goms	23	33	21	77	59
Östl. Raron	21	4	9	34	16
Brig	19	26	18	63	58
«Brig - Nord	8	6	9	23	43»
«Brig - Sud	11	20	9	40	65»
Visp	28	58	23	109	67
W. Raron	19	18	21	58	49
«W. Raron - N	12	5	9	28	29»
«W. Raron - S	7	13	10	30	65»
Leuk	17	19	29	65	53
Sierre	15	23	39	77	60
«Sierre - N	14	3	24	41	18»
«Sierre - S	1	20	15	36	91»
Hérens	12	37	23	72	75
Sion	4	13	27	44	76
Conthey	20	18	22	60	47
«Conthey - N	18	4	13	35	18»
«Conthey - S	2	14	9	25	87»
Martigny	19	7	31	57	27
Entremont	18	55	90	163	75
Saint-Maurice	15	3	18	36	16
Monthey	10	7	24	41	24
Total	240	321	395	956	57

Roues relevées : 956 100 %

Roues de type connu : 561 58 %

Roues de type connu : 561 100 %

Roues verticales : 240 43 %

Roues horizontales : 321 57 %

II. Roues horizontales

Roues horizontales :	321	(100 %)
Roues horizontales de type inconnu :	133	(41 %)
Roues horizontales de type déterminé :	188	(59 %)

<i>Type</i>	<i>Nombre</i>	<i>% des roues déterminées</i>
A	109	58
A à cuillers	6	3
«total A	115	61»
AB	7	4
BJ	4	2
BC à 1 couronne	31	16,5
BC à 2 couronnes	31	16,5
«total BC	62	33»
Total	188	100

Bibliographie

- ABRY, Christian, DEVOS, Roger, RAULIN, Henri, *Les Sources régionales de la Savoie*, Paris, 1979.
- ARVIEUX, Laurent d' (1635-1702), *Des Arabes*, Paris, 1717 (moulins du Liban).
- BACHMANN, Christian, KITAMURA, Kazuyuki, *Wassermühlen der Schweiz*, Bâle, 1987.
- BARDAGOT, Anne-Monique, SABATIER, Nathalie, « Moulins et meuniers en Valgaudemar », *Le Monde alpin et rhodanien*, 1-4, 1979, p. 365-394.
- BELIDOR (Bernard Forest de), *Architecture hydraulique ou l'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différents besoins de la vie*, 4 vol., Paris, 1737-1753.
- BENETTI, Aurelio, BENETTI, Dario, DELL'OCA, Angela, ZOIA, Diego, *Uomini delle Alpi: Contadini e pastori in Valtellina*, Milan, 1983.
- BENNETT, R., ELTON, J., *History of Corn Milling*, 4 vol., Londres, 1898-1904. Voir vol. 2, 1899 (Iles britanniques et histoire générale de la meunerie).
- BESSON, Jacques, *Théâtre des instruments mathématiques et mécaniques*, Lyon, 1579 (privilege royal de 1569).
- BESSON, Jacques, *Theatrum instrumentorum et machinarum Jacobi Bessoni Delphinatis, Mathematici ingeniosissimi, Cum Francisci Beroaldi figurarum declaratione demonstrativa necnon ubique necessariis ac utilissimis additionibus nunquam hactenus editis auctum atque illustratum per Iulium Paschalem Nobilem Messanensem*, Genève, 1582.
- BRANDSTETTER, Alois, voir TRUMLER.
- CASTELLAN, A.-L., *Lettres sur Constantinople*, Paris, 1811 (moulins des Dardanelles).
- Brukenthalmuseum - Sibiu, Museum der bauerlichen Technik*, publ. s. la dir. de Cornel IRIMIE, dir. du Brukenthalmuseum, Sibiu, 1974 (Moulins des Carpates).
- CALVERT, N.G., « Watermills in Central Crete », *Trans. of the Newcomen Society*, vol. XLV, 1972-73.
- CALVERT, N.G., « Water Mills on the Levadas of Madeira », *Industrial Archaeology Review*, vol. 3/1, 1978, p. 45-53.
- CAZALS, Rémy, *Cours d'eau moulin et usines*, Carcassonne, 1985.
- CURWEN, Cecil E., « The Problem of Early Water-mills », *Antiquity*, vol. 18/7, 1944, p. 130-146.
- CURWEN, Cecil E., « A Vertical Water-mill near Salonika », *Antiquity*, vol. 19, 1945, p. 211-212.
- DARVIEUX, voir ARVIEUX, d'.
- DEFLOREN, Tobias, TOMASCHETT, Paul, « Mulins e rodas-mulins ella Cadi, Emprova da sclarir igl origin e destin dils indrezs cun roda d'ava », *Emprema pars, Annalas da la Società retoromanscha*, Annada XCV, p. 145-177, et tiré à part, Samedan, 1982.
- DELACRÉTAZ, Pierre, *Les vieux moulins du Pays de Vaud et d'ailleurs*, Romanel/Lausanne, 1986.
- DIAS, Jorge, « Moulins portugais », *Revista de Etnografia*, octobre 1964, p. 307-361.
- DUFURNIER, Benoît, *Energies d'autrefois*, Nancy, 1980 (France du Sud-Ouest).
- DUNCAN, Marion, *The Yangtze and the Yak*, Ann Arbor / Mich., 1952 (moulins du Tibet).
- DUPIN, Charles, *Géométrie et mécanique des Arts et Métiers et des Beaux-Arts*, 3 vol., Paris, 1825-1826. Voir vol. 3, Leçons 8 et 9, p. 233-296.
- EGLOFF, Wilhelm, « Encore les moulins pré-vitruviens en Valais », *Folklore suisse*, 1982, 1/2, p. 9-13.
- EGLOFF, Wilhelm und Annemarie, *Die Bauernhäuser des Kantons Wallis*, I, Das Land, Der Holzbau, das Wohnhaus, Bâle, 1987. « Die Bauernhäuser der Schweiz », Band 13.
- EMPTOZ, Gérard, et PEYRE, Philippe, « Aperçu sur l'usage et la technologie de la roue horizontale dans la France du XIXe et du XXe siècle », *L'Archéologie industrielle en France*, n° 11, juin 1985, p. 34-58.
- EUDE, E., *Histoire documentaire de la mécanique française*, Paris, 1902.
- FELDHAUS, Franz Maria, *Die Technik, Ein Lexikon der Vorzeit, der Geschichtlichen Zeit und der Naturölker*, rééd., Wiesbaden, 1970 (moulins des Bachkirs).
- FORESTI, Fabio, et alia, voir *I Mulini...*

- FOURNIER, Paul, PALAU, Fermi, DAVY, Joël, « L'histoire des techniques au carrefour des disciplines — Le moulin de Villard-Loubière (Hautes-Alpes) », *Cibles*, n° 16, 1987, p. 9-32.
- GÄHWILER, Adolf, « Unsere Hölzerne Wasserräder », *Industrie Archäologie*, 1981/4, p. 2-10.
- GÄHWILER, Adolf, « Vorindustrielle hölzerne Wasserräder », *Pro Aqua - Pro Vita* 83, vol. 9 E, p. 3.1-3.14.
- GARNERET, Jean, « Autour d'un moulin portugais », *Barbizier*, n° 2, Nouvelle série, décembre 1972, p. 183-191.
- GREWE, Klaus, « Zur Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in der Stadt um 1200 », *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters*, Beiheft 4, 1986, p. 275-300.
- HILL, Donald, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Londres, 1984 (sur l'origine de la roue horizontale, p. 159-160).
- Histoire générale des techniques*, publ. sous la dir. de Maurice DAUMAS, vol. 3, Paris, 1968.
- HOMUALK DE LILLE, Charles, *Moulins de l'ouest (moulins des collines, des rivières, de l'Océan)*, La Barre-des-Monts (Vendée), 1987.
- HUMLUM, Johannes, *La géographie de l'Afghanistan*, Copenhague, 1959.
- I Mulini ad acqua della valle dell'Enza*, a cura di Fabio FORESTI, Walter BARICCHI, Massimo TOZZI FONTANA, Casalecchio di Reno, 1984.
- JÜTTEMANN, Herbert, *Alte Bauernsägen im Schwarzwald und in den Alpenländern*, Karlsruhe, 1984.
- JÜTTEMANN, Herbert, *Schwarzwaldmühlen*, Karlsruhe, 1985.
- LEONARDO DA VINCI, voir RETI, L.
- LOUDE, Jean-Yves, *Kalash : les derniers « infidèles » de l'Hindu-Kush*, Paris, 1980.
- MARTINI, Francesco di Giorgio, *Trattati di Architettura Ingegneria e Arte militari*, 2 vol., Milan, 1967.
- MATTIOLI, Mauricette, « Les moulins à eau à roue motrice horizontale et à transmission directe de la région de Corse », *L'Archéologie industrielle en France*, n° 15, juin 1987, p. 21-30.
- MEYSTRE, Noël, « De la roue à eau à la turbine hydraulique », *Pro Aqua - Pro Vita* 83, vol. 9 E, p. 10.1-10.22, Bâle, 1983.
- MICHENER, James A., *The Hokusai Sketchbooks, Selections from the Manga*, Rutland (Vermont) / Tokyo, 9^e éd., 1969 (roues horizontales au Japon).
- Li Molini e edificij d'acque d'Ossola e terre vicine*, Mergozzo, 1982.
- MOOG, Berthold, « Die Apriacher Stockmühlen », *Industriearchäologie*, 1/1984, p. 1-6 (Autriche).
- Les Moulins de l'Hérault*, Dossier n° 3, Montpellier, 1985.
- Les Moulins de Saint-Luc* (Val d'Anniviers), dépliant descriptif, ill. par Camille Ançay, Sierre, 1985.
- NEEDHAM, Joseph, *The Development of Iron and Steel Technology in China*, Newcomen Society, London, 1958.
- NEEDHAM, Joseph, *Science and Civilisation in China*, vol. IV : 2, *Mechanical Engineering*, Cambridge, 1965.
- Nung Shu*, traité d'agriculture, Chine, 1313, d'après Needham, 1958.
- ORSATELLI, Jean, *Les moulins*, éd. Jeanne Laffitte, Marseille, 1979 (moulins de la Corse).
- PARAIN, Ch., « Rapports de production et développement des forces productives : l'exemple du moulin à eau », *La Pensée*, n° 119, février 1965, p. 55-70.
- PELET, Paul-Louis, « L'„Archéologie industrielle”, science ou fiction? », *Revue suisse d'histoire*, 1981, p. 32-42.
- PELET, Paul-Louis, « Moulins „prévitruviens” en Valais, Note préliminaire », Tiré à part de *Folklore suisse* 4/5, 1981, p. 41-67, IRRI, Lausanne, 1981.
- PELET, Paul-Louis, « L'histoire des techniques avant la Révolution industrielle », *Revue suisse d'histoire*, 1982, p. 324-337.
- PELET, Paul-Louis, « Pissevache et Pisse-moulin, Recherche sur les usines hydrauliques traditionnelles du Valais », *Le Monde alpin et rhodanien*, 1985/4, p. 67-81.
- PELET, Paul-Louis, « L'inventaire des anciennes usines hydrauliques en Valais », à paraître.

- PELET, Paul-Louis, « Raisons économiques et sociales des survivances contemporaines de techniques archaïques », à paraître.
- POUPÉE, Henri, « Moulins à blé à roue horizontale — Localisation en France en 1809 », *105e Congrès national des Sociétés savantes, Caen, 1980*, Sciences, fasc. V, p. 177-186, Paris, 1983.
- POURCHER, Yves, « Le partage de l'eau : une source de procès en haute Lozère », *Le Monde alpin et rhodanien*, 1985/4, p. 135-150.
- RAMELLI, Augusto, *Le diverse artificiose macchine*, Paris, 1588.
- RETI, L., « On Horizontal Waterwheels and Smelter Blowers in the writing of Leonardo da Vinci and Juanelo Turriano », *Technology and Culture*, vol. 6/3, p. 428-441.
- RETI, L., « On the Efficiency of Early Horizontal Waterwheels », *Technology and culture*, vol. 8/3, p. 388-394.
- REULEAUX, Franz, *Theoretische Kinematik*, Braunschweig, 1875 (origine de la turbine, p. 231-232).
- RIVA, Ely, *Ticino sconosciuto : Vecchi mulini del Ticino*, Lugano, 1984.
- RIVALS, Claude, « Divisions géographiques de la France indiquées par une analyse de l'état des moulins en 1809 », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 1983-84, p. 367-384. Reproduit dans *Les moulins de l'Hérault*, dossier 5, Montpellier, 1986, p. 115-123.
- RIVALS, Claude, « Energies traditionnelles : L'eau et le vent dans la France méridionale. Particularités architecturales et technologiques », *L'Archéologie industrielle en France*, n° 15, juin 1987.
- ROCKHILL, W. W., *The Land of the Lamas*, New York, 1891, réimpr. Taïpeh, 1972.
- RÜHLMANN, Moritz, *Die horizontalen Wasserräder*, Chemnitz, 1840.
- RÜHLMANN, Prof. Dr., « Beitrag zur Geschichte der horizontaler Wasserräder mit besonderer Beachtung der Turbinen von Henschel in Cassel, fälschlich Jonval-Turbinen genannt », *Polytechnisches Journal*, Band CXLI, Heft 4, Zweites Augustheft, Stuttgart und Augsburg, 1856 (moulins d'Algérie et du Maroc).
- SAGUI, C. L., « La meunerie de Barbegal (France) et les roues hydrauliques chez les anciens et au moyen âge », *Isis*, 1948, p. 225-231.
- ŠEBESTA, Giuseppe, « La Via dei Mulini », *Dall'esperienza delle mietitura all'arte di macinare*, Trento, 1977.
- SMITH, Norman, *Man and Water : A History of Hydrotechnology*, éd. Peter Davies, 1976.
- SMITH, Norman A. F., « The Water Turbine and the Invention of its Name », *History of Technology*, Second annual volume, 1977, p. 215-260, Londres, 1977.
- STÄHELI, Emil, *Die Terminologie der Bauernmühle im Wallis und Savoyen — Eine Sach- und Wortstudie*, St. Gallen, Fehr'sche Buchhandlung, 1951.
- Statistique des usines hydrauliques de la Suisse au 1er janvier 1928*, Berne, Service fédéral des Eaux, 1928, 1 vol. in-folio.
- STEENBERG, A., *Farms and Mills in Denmark during two Thousand Years*, Copenhague, 1952. (Moulins à roues horizontales, p. 294-297.)
- STRADA, Jacob (Jacopo) de, *Künstlicher Abriss allerhand Wasser, Wind, Ross und Handmühlen*, Francfort, 1617.
- TAFEL, Albert, *Reise in China und Tibet 1905-1908*, Stuttgart, 1914.
- TAFFE, A., *Application de la mécanique aux machines les plus en usage mues par l'eau, la vapeur, le vent et les animaux et à diverses constructions*, Marseille, 1835.
- TCHITAJA, *Studia ethnologica Hungariae*, 1960, cité par PARAIN, Ch. (moulins du Caucase).
- TRUMLER, Gerhard, BRANDSTETTER, Alois, *Das Buch der alten Mühlen*, Wien, 1984.
- TUCKER, D., « Windmills and Watermills in Iceland », *Industrial Archeology*, vol. 9, 1972, p. 278-284.
- TURRIANO, Juanelo, *Los veinte y un libros de los yngenios* (1569). (Moulins espagnols) voir RETI, L.
- VILLAREAL DE BERRIZ, Pedro Bernardo, *Maquinas hidraulicas de molinos y ferrerías y governo de los arboles y montes de Vizcaya*, réimpr. de l'éd. de 1736, San Sebastian, 1973.
- WILSON, Paul N., *Watermills : an Introduction*, London : Society for the protection of ancient buildings, éd. revue, 1973, 24 p.